



# **ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

## **FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN CONTROL Y REDES INDUSTRIALES**

### **“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO CON MONITOREO VÍA WEB PARA UNA MARMITA PARA LA ELABORACIÓN DE QUESO Y UN MEZCLADOR PARA LA OBTENCIÓN DE CREMA SOLAR”**

Trabajo de titulación presentado para optar al grado académico de:  
**INGENIERO EN ELECTRÓNICA, CONTROL Y REDES  
INDUSTRIALES**

**AUTOR:** ZURITA FIALLOS ERIK ALEXANDER  
FIALLOS LLANGARI FABIAN STALIN  
**TUTOR:** ING. MARCO VITERI

**RIOBAMBA – ECUADOR  
2016**

©2016, ZURITA FIALLOS ERIK ALEXANDER

©2016, FIALLOS LLANGARI FABIAN STALIN

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca del derecho de autor.

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO  
FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA  
ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN CONTROL Y REDES INDUSTRIALES

El Tribunal del Trabajo de Titulación: “DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO CON MONITOREO VIA WEB PARA UNA MARMITA PARA LA ELABORACIÓN DE QUESO Y UN MEZCLADOR PARA LA OBTENCIÓN DE CREMA SOLAR”, de responsabilidad de los señores Erik Alexander Zurita Fiallos y Fabián Stalin Fiallos Llangarí, ha sido minuciosamente revisado por los miembros del Tribunal del Trabajo de Titulación, quedando autorizada su presentación.

Dr. Miguel Tasambay Ph.D.  
DECANO

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Ing. Alberto Arellano  
DIRECTOR ENCARGADO  
DE ESCUELA DE INGENIERÍA  
ELECTRÓNICA EN C.R.I.

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Ing. Marco Viteri  
DIRECTOR DE TRABAJO  
DE TITULACIÓN

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Ing. Franklin Moreno  
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

## DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Nosotros, Fabián Stalin Fiallos LLangarí y Erik Alexander Zurita Fiallos, somos los responsables de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en este Trabajo de Titulación y el patrimonio intelectual de la misma pertenecen a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

---

FABIÁN STALIN FIALLOS LLANGARÍ  
0603760166

---

ERIK ALEXANDER ZURITA FIALLOS  
0603783143

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo a todo mi esfuerzo, trabajo y malas noches en las que me sumergí.

*“Ya que solo las malas noches dan el éxito, E.Z.”.*

**Erik Alexander Zurita Fiallos**

Dedico este trabajo de titulación a toda mi familia que estuvo cerca de mí, observándome y apoyándome para cumplir con una meta muy especial de mi vida.

A mis padres quienes fueron los pilares en mi formación profesional quienes me enseñaron la perseverancia y a luchar sin importar lo difícil que sea.

No me puedo olvidar de los amores de mi vida Valeria Rodríguez y Dylan Fiallos mi hijo que siempre me dieron las fuerzas necesarias cuando más lo necesitaba.

**Fabián Stalin Fiallos Llangarí**

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco al apoyo incondicional de mi familia, a mi papá que con sus sabios consejos me supo guiar, a mi mamá que con su amor infinito me supo comprender, a mi abuelita que con sus cuidados siempre me apoyó, a mi abuelito que siempre confiaba en que este momento llegaría, y a todas las personas que conocí en este tiempo y llegaron a ser una parte importante y esencial en mi vida.

**Erik Alexander Zurita Fiallos**

Agradezco a la universidad y a todos los docentes que me brindaron los conocimientos académicos y morales para ser mejor.

Es muy complaciente decir gracias a mi familia por seguirme en toda la trayectoria con mucha comprensión y apoyo demostrándome que los sueños pueden llegar a ser reales.

**Fabián Stalin Fiallos Llangari**

## CONTENIDO

	Pág.
CERTIFICACION.....	ii
DECLARACION DE RESPONSABILIDAD.....	iii
DEDICATORIA.....	iv
AGRADECIMIENTO.....	v
TABLA DE CONTENIDO.....	vi
ÍNDICE DE ABREVIATURAS.....	xii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiv
ÍNDICE DE TABLAS.....	xvi
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xvii
RESUMEN.....	xviii
ABSTRACT.....	xix
INTODUCCIÓN.....	1
Antecedentes.....	3
Justificación.....	4
Objetivos.....	8
Objetivo General.....	8
Objetivos específicos.....	8
 <b>CAPÍTULO I</b>	
<b>1. MARCO TEORICO REFERENCIAL.....</b>	<b>9</b>
<b>1.1 Diseño y Diagramas.....</b>	<b>9</b>
<b>1.1.1 Diseño.....</b>	<b>9</b>
<b>1.1.1.1 Tipos de diseño.....</b>	<b>9</b>
<b>1.1.2 Diagrama.....</b>	<b>10</b>
<b>1.1.2.1 Diagramas de bloques.....</b>	<b>10</b>
<b>1.1.2.2 Elementos de los diagramas de bloques.....</b>	<b>11</b>
<b>1.1.3 Diagramas en GRAFCET.....</b>	<b>12</b>
<b>1.1.3.1 Composición de diagramas GRAFCET.....</b>	<b>13</b>

1.1.4	<b>Diagramas en LADDER</b>	13
1.1.4.1	<i>Elementos del Diagrama LADDER</i>	14
1.1.4.2	<i>Simbología para programación de PLC's</i>	15
1.2	<b>Implementación</b>	15
1.2.1	<i>Definición</i>	15
1.2.2	<i>Implementación física</i>	15
1.2.3	<i>Normas</i>	16
1.2.3.1	<i>Sistema Normalizado IEC 1131-3 de programación de autómatas</i>	16
1.2.3.2	<i>Normas para la representación de esquemas eléctricos</i>	17
1.2.3.2.1	<i>Normas para cableado de baja tensión</i>	17
1.2.3.2.2	<i>Normas para señalización y botonería de mando</i>	18
1.3	<b>Sistema</b>	19
1.3.1	<i>Definición</i>	19
1.3.2	<i>Sistemas de Control</i>	19
1.3.2.1	<i>Clasificación de sistemas de Control</i>	20
1.3.3	<i>Sistemas electrónicos de Control</i>	21
1.3.3.1	<i>Introducción</i>	21
1.3.3.2	<i>Clasificación</i>	21
1.4	<b>Automatización</b>	22
1.4.1	<i>Definición</i>	22
1.4.2	<i>Sistemas de automatización</i>	23
1.4.3	<i>Proceso industrial</i>	23
1.5	<b>Elementos de control</b>	23
1.5.1	<i>Controladores industriales</i>	23
1.5.1.1	<i>Qué es un controlador industrial</i>	23
1.5.1.2	<i>Tipos de controladores</i>	24
1.5.1.3	<i>Controladores lógicos programables ó PLC</i>	24
1.5.2	<i>Sensores</i>	25
1.5.2.1	<i>Definición</i>	25
1.5.2.2	<i>Tipos de sensores</i>	25
1.5.2.3	<i>Sensor de temperatura PT100</i>	26
1.5.3	<i>Actuadores</i>	26
1.5.3.1	<i>Definición</i>	26
1.5.3.2	<i>Tipos de actuadores</i>	27



1.5.3.3	<i>Motores</i>	27
1.5.3.3.1	<i>Clasificación de motores</i>	27
1.5.3.4	<i>Variador de Frecuencia</i>	29
1.5.3.5	<i>Electroválvulas de Vapor</i>	29
1.5.3.6	<i>Electroválvulas de Agua</i>	29
1.5.3.7	<i>Relés</i>	30
1.6	<b>Programación, Software e Interfaces</b>	30
1.6.1	<i>Programación</i>	30
1.6.2	<i>Software</i>	31
1.6.2.1	<i>Twido suite</i>	31
1.6.2.2	<i>LabVIEW</i>	32
1.6.2.3	<i>AutoCad</i>	33
1.6.2.4	<i>Free SFC</i>	34
1.6.3	<i>Interfaces</i>	34
1.6.3.1	<i>Definición</i>	34
1.6.3.2	<i>HMI</i>	35
1.7	<b>Comunicaciones Industriales</b>	35
1.7.1	<i>Ethernet</i>	35
1.7.2	<i>Comunicación Wireless</i>	36
1.7.3	<i>Web</i>	36
1.8	<b>Monitoreo</b>	36
1.8.1	<i>Definición</i>	36
1.8.3	<i>Tipos de monitoreo</i>	36
1.8.4	<i>Monitoreo vía web</i>	37
1.9	<b>Marmita</b>	37
1.9.1	<i>Definición</i>	37
1.9.2	<i>Funcionamiento</i>	38
1.9.3	<i>Tipos de marmita</i>	38
1.9.4	<i>Componentes de una marmita a vapor con chaqueta abierta</i>	39
1.9.5	<i>Usos de una marmita a vapor con chaqueta abierta</i>	39
1.10	<b>Mezclador</b>	39
1.10.1	<i>Definición</i>	39
1.10.2	<i>Tipos de mezcladores</i>	40
1.11	<b>Queso y Crema Solar</b>	40
1.11.1	<i>Definición de Queso</i>	40
1.11.2	<i>Definición de Crema Solar</i>	40

## CAPÍTULO II

<b>2.</b>	<b>MARCO METODOLOGICO .....</b>	<b>41</b>
<b>2.1</b>	<b>Identificación de variables controlables de los procesos de producción con las condiciones iniciales de las máquinas y caracterización de los dispositivos adecuados para la implementación del diseño de automatización de los equipos.....</b>	<b>41</b>
<b>2.1.1</b>	<b><i>Condiciones Iniciales de las máquinas .....</i></b>	<b>42</b>
<b>2.1.1.1</b>	<b><i>Identificar condiciones físicas y funcionales de los equipos de trabajo.....</i></b>	<b>42</b>
<b>2.1.1.2</b>	<b><i>Identificación de problemas no previstos.....</i></b>	<b>43</b>
<b>2.1.1.3</b>	<b><i>Identificar Acciones inapropiadas al usar el equipo.....</i></b>	<b>43</b>
<b>2.1.1.4</b>	<b><i>Identificar la cantidad de elementos existentes e implementados en el equipo.....</i></b>	<b>43</b>
<b>2.1.2</b>	<b><i>Identificación de variables controlables y caracterización de dispositivos .....</i></b>	<b>44</b>
<b>2.1.2.1</b>	<b><i>Conocer el Proceso .....</i></b>	<b>44</b>
<b>2.1.2.2</b>	<b><i>Caracterizar los Elementos.....</i></b>	<b>45</b>
<b>2.1.2.3</b>	<b><i>Identificar Entradas y Salidas.....</i></b>	<b>47</b>
<b>2.1.3</b>	<b><i>Implementación del diseño de automatización .....</i></b>	<b>47</b>
<b>2.2</b>	<b>Diseño de un circuito eléctrico controlador con el uso de un PLC montado en un panel de control y acondicionamiento de una interfaz hombre-máquina (HMI) para el ingreso de instrucciones y devolución de resultados en la marmita para queso y el mezclador para crema solar. .....</b>	<b>48</b>
<b>2.2.1</b>	<b><i>Diseño del circuito eléctrico con el uso de un PLC.....</i></b>	<b>48</b>
<b>2.2.2</b>	<b><i>Implementación de un panel de control.....</i></b>	<b>49</b>
<b>2.2.3</b>	<b><i>Acondicionamiento de una Interfaz hombre-máquina (HMI).....</i></b>	<b>50</b>
<b>2.2.3.1</b>	<b><i>Etapa de control .....</i></b>	<b>51</b>
<b>2.2.3.2</b>	<b><i>Etapa de Monitoreo Visual.....</i></b>	<b>51</b>
<b>2.2.4</b>	<b><i>Ingreso de instrucciones y devolución de resultados .....</i></b>	<b>51</b>
<b>2.3</b>	<b>Enlace de un sistema de control implementado mediante comunicación vía web, para monitorizar los procesos de producción en una red interna,</b>	

	<b>conjuntamente con la generación y envío de una tabla de registros a través de un correo electrónico.....</b>	<b>52</b>
<b>2.3.1</b>	<b><i>Enlace del sistema de control mediante comunicación web, monitoreo de procesos en una red interna, generación y envío de registros a través de un correo electrónico</i></b>	<b>52</b>
<b>2.3.1.1</b>	<b><i>Enlace del sistema de control vía comunicación web.....</i></b>	<b>52</b>
<b>2.3.1.2</b>	<b><i>Monitoreo de procesos en una red interna.....</i></b>	<b>52</b>
<b>2.3.1.3</b>	<b><i>Generación y envío de registros a través de un correo electrónico .....</i></b>	<b>52</b>

### **CAPÍTULO III**

<b>3.</b>	<b>RESULTADOS.....</b>	<b>53</b>
<b>3.1</b>	<b>Identificación de las variables controlables de los procesos con las condiciones iniciales de las máquinas y caracterizar los dispositivos adecuados para la implementación del diseño de automatización de cada equipo.....</b>	<b>53</b>
<b>3.1.1</b>	<b><i>Condiciones Actuales de las máquinas.....</i></b>	<b>54</b>
<b>3.1.1.1</b>	<b><i>Identificación de las condiciones físicas y funcionales de los equipos de trabajo...</i></b>	<b>54</b>
<b>3.1.1.2</b>	<b><i>Identificación de problemas no previstos.....</i></b>	<b>55</b>
<b>3.1.1.3</b>	<b><i>Identificación de Acciones inapropiadas al usar el equipo.....</i></b>	<b>56</b>
<b>3.1.1.4</b>	<b><i>Identificación de la cantidad de elementos existentes e implementados en el equipo...</i></b>	<b>56</b>
<b>3.1.2</b>	<b><i>Identificación de variables controlables y caracterización de dispositivos .....</i></b>	<b>58</b>
<b>3.1.2.1</b>	<b><i>Conocer el Proceso .....</i></b>	<b>59</b>
<b>3.1.2.2</b>	<b><i>Caracterización de Elementos.....</i></b>	<b>59</b>
<b>3.1.3</b>	<b><i>Implementación del diseño de automatización.....</i></b>	<b>65</b>
<b>3.2</b>	<b>Diseño del circuito eléctrico controlador con el uso de un PLC montado en un panel de control y acondicionar una interfaz hombre-máquina (HMI) para el ingreso de instrucciones y devolución de resultados en la marmita para queso y el mezclador para crema solar.....</b>	<b>70</b>
<b>3.2.1</b>	<b><i>Diseño del circuito eléctrico con el uso de un PLC.....</i></b>	<b>71</b>
<b>3.2.2</b>	<b><i>Implementación de un panel de control.....</i></b>	<b>75</b>
<b>3.2.3</b>	<b><i>Acondicionamiento de una Interfaz hombre-máquina (HMI).....</i></b>	<b>80</b>
<b>3.2.4</b>	<b><i>Ingreso de instrucciones y devolución de resultados .....</i></b>	<b>85</b>

<b>3.3</b>	<b>Enlace de un sistema de control implementado mediante comunicación vía web, para monitorizar los procesos de producción en una red interna, conjuntamente con la generación y envío de una tabla de registros a través de un correo electrónico. ....</b>	<b>87</b>
<b>3.3.1</b>	<i>Enlace del sistema de control mediante comunicación web, monitoreo de procesos en una red interna, generación y envío de registros a través de un correo electrónico .....</i>	<i>87</i>
<b>3.3.1.1</b>	<i>Enlace del sistema de control vía comunicación web.....</i>	<i>87</i>
<b>3.3.1.2</b>	<i>Monitoreo de procesos en una red interna .....</i>	<i>88</i>
<b>3.3.1.3</b>	<i>Generación y envío de registros a través de un correo electrónico .....</i>	<i>89</i>
<b>3.4</b>	<b>Análisis y Discusión de Resultados.....</b>	<b>90</b>
	<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>92</b>
	<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>93</b>

## INDICE DE ABREVIATURAS

<b>°C:</b>	Temperatura en Grados Centígrados
<b>2D:</b>	Dos Dimensiones
<b>3D:</b>	Tres Dimensiones
<b>A:</b>	Amperios, Unidad de medida de la Corriente Eléctrica
<b>CA:</b>	Corriente Alterna
<b>CAD:</b>	Dibujo asistido por computadora, por sus siglas en inglés <i>Computer Assisted Drawin.</i>
<b>CC:</b>	Corriente Continua
<b>E/S:</b>	Entradas / Salidas
<b>ESPOCH:</b>	Escuela Superior Politécnica de Chimborazo
<b>GRAFCET:</b>	Siglas en inglés de Grafo funcional de control etapa-transición (Graph Fonctionnel de Commande Etape-Transition)
<b>HMI:</b>	Siglas en ingles de Interfaz Hombre Máquina (Human Machine Interface)
<b>HTML:</b>	Siglas en inglés de Lenguaje de Marcas de Hipertexto (Hyper Text Markup Language)
<b>Hz:</b>	Hertz, unidad de medida de la Frecuencia
<b>IEC:</b>	Comisión Electrotécnica Internacional, por sus siglas en inglés <i>International Electrotechnical Commission</i>
<b>kW:</b>	Kilo Watts, Múltiplo de la unidad de medida de la Potencia
<b>LabVIEW:</b>	Plataforma con entorno para diseño de sistemas con lenguaje de programación visual y gráfico, por sus siglas en ingles <i>Laboratory Virtual Instrumentation Engineering Workbench</i>
<b>NC:</b>	Normalmente Cerrado, estado de dispositivos eléctricos
<b>NI:</b>	Siglas en ingles de National Instrument
<b>NO:</b>	Normalmente Abierto, esta de dispositivos eléctricos
<b>P:</b>	Proporcional
<b>PC:</b>	Computadora Personal, por sus siglas en ingles <i>de Personal Computer.</i>
<b>PD:</b>	Proporcional Derivativo
<b>PI:</b>	Proporcional Integral
<b>PID:</b>	Proporcional Integral y Derivativo
<b>PLC:</b>	Controlador Lógico Programable
<b>PSI:</b>	Libras por Pulgada Cuadrada, unidad de medida de la Presión, siglas en inglés <i>Pounds force per Square Inch</i>

<b>SMTP:</b>	Protocolo para transferencia Simple de Correo o por sus siglas en ingles de <i>Simple Mail Transfer Protocol</i>
<b>TCP:</b>	Protocolo de Control de Transmisión, por sus siglas en ingles <i>Transmission Control Protocol</i> .
<b>Temp:</b>	Abreviatura de Temperatura
<b>Tmax:</b>	Temperatura Máxima
<b>Tmin:</b>	Temperatura Mínima
<b>V:</b>	Voltios, unidad de medida del Voltaje
<b>VAC:</b>	Voltaje en Corriente Alterna
<b>VDC:</b>	Voltaje en Corriente Directa o Corriente Continua
<b>VI:</b>	Instrumento Virtual
<b>W:</b>	Watts, unidad de medida de la Potencia
<b>WEB:</b>	Significado en ingles de red o telaraña

## INDICE DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
<b>Figura 1-1.</b> Diagrama de bloques de un sistema de lazo cerrado .....	11
<b>Figura 2-1.</b> Diagrama de bloques de un sistema de lazo abierto .....	11
<b>Figura 3-1.</b> Bloque .....	11
<b>Figura 4-1.</b> Punto suma de un sistema de bloques .....	12
<b>Figura 5-1.</b> Punto de ramificación de un sistema de bloques .....	12
<b>Figura 6-1.</b> Flechas de un sistema de bloques .....	12
<b>Figura 7-1.</b> Etapa de un diagrama Grafcet .....	13
<b>Figura 8-1.</b> Transición de la etapa 1 a la etapa 2 .....	13
<b>Figura 9-1.</b> Contacto Normalmente Abierto .....	14
<b>Figura 10-1.</b> Contacto Normalmente Cerrado .....	14
<b>Figura 11-1.</b> Salida .....	14
<b>Figura 12-1.</b> Simbología para la programación de PLC's .....	15
<b>Figura 13-1.</b> PLC Compacto de Scheider Electric .....	25
<b>Figura 14-1.</b> Sensor de temperatura PT100 tipo rosca .....	26
<b>Figura 15-1.</b> Motor eléctrico de corriente alterna asíncrono .....	27
<b>Figura 16-1.</b> Electroválvula de vapor .....	29
<b>Figura 17-1.</b> Electroválvula de agua .....	30
<b>Figura 18-1.</b> Plataforma de Twido Suite .....	32
<b>Figura 19-1.</b> Ejemplo de un panel frontal .....	33
<b>Figura 20-1.</b> Ejemplo de un diagrama de bloques correspondiente a un panel .....	33
<b>Figura 21-1.</b> Interfaz del Free SFC .....	34
<b>Figura 22-1.</b> Ejemplo de HMI .....	35
<b>Figura 23-1.</b> Marmita con agitador .....	38
<b>Figura 24-3.</b> Condiciones Actuales de los equipos con el sistema de Automatización .....	56
<b>Figura 25-3.</b> Placa de características de motor, Marmita .....	61
<b>Figura 26-3.</b> Placa de características de motor, Mezclador .....	62
<b>Figura 27-3.</b> GRAFCET de Diseño de Marmita .....	66
<b>Figura 28-3.</b> GRAFCET de Diseño de Mezclador .....	67
<b>Figura 29-3.</b> GRAFCET Funcional de Marmita .....	68
<b>Figura 30-3.</b> GRAFCET Funcional Mezclador .....	69
<b>Figura 31-3.</b> Diagrama de Entradas .....	72
<b>Figura 32-3.</b> Diagrama de Salidas .....	74
<b>Figura 33-3.</b> Diseño de panel de control en AutoCad .....	76

<b>Figura 34-3.</b>	Panel de Control, Implementación Física.....	77
<b>Figura 35-3.</b>	Panel de Control, Vista Interna de la Implementación.....	78
<b>Figura 36-3.</b>	Diagrama de Fuerzas de Motores Trifásicos .....	79
<b>Figura 37-3.</b>	Variables creadas en NI OPC SERVER.....	80
<b>Figura 38-3.</b>	Sección de botonería diseñada en el HMI .....	81
<b>Figura 39-3.</b>	Captura, primera pantalla del HMI diseñado .....	82
<b>Figura 40-3.</b>	Captura, segunda pantalla del HMI diseñado.....	82
<b>Figura 41-3.</b>	Captura, tercera pantalla del HMI diseñado .....	83
<b>Figura 42-3.</b>	Captura, cuarta pantalla del HMI diseñado .....	83
<b>Figura 43-3.</b>	Captura, quinta pantalla del HMI diseñado.....	84
<b>Figura 44-3.</b>	Captura, sexta pantalla del HMI diseñado.....	84
<b>Figura 45-3.</b>	Captura, séptima pantalla del HMI diseñado .....	85
<b>Figura 46-3.</b>	Sección de Ingreso de Rangos de Temperatura.....	85
<b>Figura 47-3.</b>	Sección de Ingreso de Tiempos de Trabajo.....	86
<b>Figura 48-3.</b>	Sección de Devolución de Temperatura medida por PT100 .....	86
<b>Figura 49-3.</b>	Sección de Devolución de Tiempo Transcurrido de Trabajo.....	87
<b>Figura 50-3:</b>	Implementación de la conexión Router con módulo Ethernet del PLC.....	88
<b>Figura 51-3:</b>	Router perteneciente al Lab. de Procesos Industriales, con señal de comunicación. ....	88
<b>Figura 52-3:</b>	Router repetidor conectado al Router del Lab. Pro. Industriales emitiendo señal de comunicación. ....	89
<b>Figura 53-3.</b>	Registro de Temperaturas de trabajo, generado de forma automática .....	89



## INDICE DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
<b>Tabla 1-1:</b> Principales tipos de datos de la norma IEC 1131-3 .....	17
<b>Tabla 2-1:</b> Normas de colores para cableado en baja tensión .....	17
<b>Tabla 3-1:</b> Temperaturas admisibles del conductor en condiciones normales y de cortocircuito .....	18
<b>Tabla 4-1:</b> Normas para la botonería de mando .....	18
<b>Tabla 5-1:</b> Funciones de los indicadores de luminosidad .....	19
<b>Tabla 6-2:</b> Tabla Cualitativa de Marmita .....	42
<b>Tabla 7-2:</b> Tabla Cualitativa de Mezclador .....	43
<b>Tabla 8-2:</b> Tabla Cuantitativa elementos existentes Marmita .....	44
<b>Tabla 9-2:</b> Tabla Cualitativa elementos existentes Mezclador .....	44
<b>Tabla 10-2:</b> Tabla Cuantitativa elementos implementados en los equipos .....	44
<b>Tabla 11-2:</b> Tabla comparativa de sensores .....	45
<b>Tabla 12-2:</b> Tabla Comparativa Electroválvulas de Vapor .....	45
<b>Tabla 13-2:</b> Tabla Comparativa Electroválvulas de Agua .....	45
<b>Tabla 14-2:</b> Tabla Comparativa entre Tipos de PLC .....	46
<b>Tabla 15-2:</b> Tabla comparativa de PLC .....	46
<b>Tabla 16-3:</b> Tabla Cualitativa Marmita .....	54
<b>Tabla 17-3:</b> Tabla Cualitativa Mezclador .....	55
<b>Tabla 18-3:</b> Tabla Cuantitativa, elementos existentes Marmita .....	57
<b>Tabla 19-3:</b> Tabla Cualitativa, elementos existentes Mezclador .....	57
<b>Tabla 20-3:</b> Tabla Cuantitativa elementos implementados en los equipos .....	58
<b>Tabla 21-3:</b> Tabla Comparativa del Sensores de Temperatura .....	59
<b>Tabla 22-3:</b> Tabla Comparativa Electroválvulas de Vapor .....	60
<b>Tabla 23-3:</b> Tabla Comparativa Electroválvulas de Agua .....	61
<b>Tabla 24-3:</b> Tabla Comparativa entre Tipos de PLC .....	63
<b>Tabla 25-3:</b> Tabla comparativa de PLC .....	64

## INDICE DE ANEXOS

- Anexo 1:** Datasheet del PLC TWIDO TWDLCAA24DRF
- Anexo 2:** Datasheet del Modulo de Expansión de Digitales TWDDMM8DRT
- Anexo 3:** Datasheet del Módulo de Expansión para Analógicos TM2AMI4LT
- Anexo 4:** Datasheet del Módulo de Comunicación Ethernet
- Anexo 5:** Instalación para Variador de Frecuencia HPVFE Universsal AC Drive
- Anexo 6:** Instalación del Variador de Frecuencia Delta VFD-L
- Anexo 7:** Características de la Fuente HDR120-24
- Anexo 8:** Características Técnicas de las Electroválvulas de Vapor
- Anexo 9:** Características Técnicas de los Sensores de Temperatura PT100 con Rosca
- Anexo 10:** Guía de Usuario e Instalación del Software HMI
- Anexo 11:** Características de Cables Dodge Phelps
- Anexo 12:** Características de BREAKERS SCHNEIDEER ELECTRIC
- Anexo 13:** Informe de la validación de la máquina para la elaboración de queso fresco y su análisis.

## RESUMEN

La meta de este trabajo de titulación, es el diseño e implementación de un sistema automatizado con monitoreo vía web para una marmita para la elaboración de queso y un mezclador para la obtención de crema solar en la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias, Escuela de Ingeniería Química, Laboratorio de Procesos Industriales, determinando las variables controlables de los procesos mencionados, que permiten caracterizar y determinar los dispositivos ideales para la investigación. Así en las etapas de cocción y de enfriamiento, con análisis específicos se realizó un circuito de control con una interfaz HMI para el ingreso de instrucciones y devolución de resultados. Para la automatización de las máquinas, se diseñó un panel de control, implementando un sistema cableado para el control automático de motores trifásicos de 0,5 Hp, para el mejoramiento continuo del diseño y funcionamiento de la marmita y el mezclador, optimizando los recursos humanos, mejorando el desempeño de las máquinas en las etapas antes mencionadas. El sistema de monitoreo interno y vía web en conjunto con el HMI, se implementaron de manera que exista una interfaz hombre máquina, que permita al usuario pueda interactuar con el proceso, generando un registro en tiempo real, del proceso de producción, así como los valores de temperatura que se van registrando en el proceso. Los registros generados se enviaron a un correo electrónico, perteneciente a una persona responsable a cargo de las prácticas del laboratorio, a través del protocolo para transferencia simple de correo. El resultado obtenido, después de la implementación, generó una optimización de recursos materiales, recursos humanos en un porcentaje de 20% en un grupo de mínimo 5 estudiantes, mejora en la eficiencia y rendimiento de los equipos en un 10% más de sus condiciones iniciales, manteniendo la higiene y calidad de los productos o concentrados, fortaleciendo la seguridad al momento de trabajar, consiguiendo la automatización de los equipos en un 100% de las etapas de funcionamiento. Recomendamos al encargado del laboratorio, realizar el mantenimiento preventivo de los equipos de forma periódica.

**Palabras claves:** <CONTROL>, <ELECTRONICA>, <MAQUINA-MARMITA>, <MAQUINA-MEZCLADOR>, <SOFTWARE [LABVIEW]>, <SOFTWARE [TWINCAT PLC]>, <MONITOREO VÍA WEB>, <INTERFAZ HOMBRE MAQUINA>, <AUTOMATIZACIÓN>.

## ABSTRACT

The aim of this researching work, is to design and implementation of an automated monitoring system by web for a pot in order to make cheese and a mixer to get sun cream at the Polytechnic School of Chimborazo from Science Faculty, in Chemical Engineering School, laboratory of industrial processes, determining the controllable variables of these processes, which can describe and determine the best devices for the research. So in the stages of cooking and cooling, with specific analyzes a control circuit was performed with an HMI (Human Machine Interface) to access of instructions and return of results. For automation of machines, a control panel was designed, implementing a system for an automatic control of three-phase motors from 0.5 HP (Horse power) for a continuous improvement of the design and operation of pot and mixer, optimizing human resources, and improving the machines performance in the above stages. The internal monitoring system and web combined with the HMI, were implemented so that there is a human- machine interface, allowing the user to interact with the process, generating a real-time recording, the production process as well as the temperature values which are recorded in the process. The records generated were sent to an email, belonging to a responsible person in charge of laboratory operation, through the Simple Mail Transfer protocol. The result obtained after its operation, make optimization of material resources, human resources in a percentage of 20% in a group of at least 5 students, also it improves efficiency and equipment operation by 10% over its initial conditions, keeping hygiene and product quality or concentrates, strengthening safety when it operates, thus achieving automation equipment in 100% of operating steps. It advises to the lab operator; perform preventive maintenance of equipment periodically.

**Keywords:** <CONTROL>, <ELECTRONIC>, <POT-MACHINE>, <MIXER-MACHINE>, <SOFTWARE [LABVIEW]>, <SOFTWARE [TWIDO PLC]>, <VIA WEB MONITORING>, <HUMAN MACHINE INTERFACE>, <AUTOMATION>.

## INTRODUCCIÓN

La Ingeniería Electrónica en Control y Redes Industriales, es una alternativa, para brindar soluciones automatizadas con sistemas y tecnologías que son integrables en máquinas, hogares, oficinas, empresas del tipo artesanal o industrial, así como soluciones basadas en electrónica, control y automatización que brindan mayor seguridad, confort, eficiencia, comodidad, optimización de recursos y energía para procesos, redes y automatismos de todo nivel.

A nivel mundial, debido a que la economía sufrió cambios fundamentales desde el último tercio del siglo XVIII, la creación y producción de bienes entro en un desarrollo de procesos continuados, que en tiempos atrás no se había conocido. Todo esto se generó en forma paralela a la introducción de cambios importantes en la sociedad, creando una etapa con carácter de revolución. Esta revolución fue conocida para la historia como La Revolución Industrial, en el siglo XVIII (Saldivar, 2010, p.9).

En los mercados mundiales se formó una gran y poderosa burguesía perteneciente Inglaterra, dicha burguesía aplico sus inversiones en los distintos campos de producción, como en la industria textil, agrícola, etc. Formando parte de una verdadera y auténtica revolución económica. Esto complementado con los cambios físicos y la mecanización de procesos en conjunto con la aplicación de las nuevas máquinas a vapor.

Según Creus (1995, p.13), en años siguientes del siglo XXI en la industria, empezó la introducción del término PyMES, Pequeñas y Medianas Empresas, en donde la crisis económica por la que se empezó a atravesar a nivel mundial, genero la necesidad de mantener actividades de producción, adecuándose a las condiciones de la crisis, al avance tecnológico y a la automatización que recorre el mundo, permitiendo que logren mantener sus actividades e incluso estas empresas en algunos casos logren aumentarlas. He aquí, que en tiempos de crisis paradójicamente se han logrado potenciar la eficiencia en la producción, desarrollando capacidades de innovación y flexibilidad en la producción industrial.

Es desde este punto, en donde la Automatización y sus servicios, se convierte en una solución a nivel mundial a problemas de producción, entregando beneficios tangibles para los clientes, como el ahorro de energía, integración de procesos, aprovechamiento de recursos humanos y materiales, integración de dispositivos de control, que han generado significativamente una optimización de

los procesos productivos, incluso han contribuido a la informatización del estado de un proceso, colaborando con la etapa de gestión de las empresas.

Esta crisis en Latinoamérica, ha presentado la necesidad de servicios de automatización, que no solo han consistido en implementación de sistemas automáticos en procesos, sino también en servicio de arriendo de instrumentación de alto costo, incorporación de sistemas que generen una mejora en el consumo energético.

En el Ecuador en los últimos años, debido al crecimiento poblacional, desarrollo y demanda de fuentes de empleo, se han creado nuevas empresas de tipo artesanal e industrial que en un punto, han visto la necesidad y la obligación de automatizar procesos, ya sea para mejorar productos, optimizar recursos, mejorar competitividad, aumentar calidad y cantidad en la producción, con la única finalidad de brindar un servicio que satisfaga las necesidades de los ecuatorianos, estos procesos se encuentran normalizados y controlados por el Ministerio de Industrias y Productividad del Ecuador, sin deslindar el aporte que genera el ministerio de Ministerio Coordinador de Producción, Empleo y Competitividad.

Es importante mencionar que la automatización industrial es la respuesta ante los diversos problemas en áreas de control eléctrico, control electrónico, neumática e hidráulica básica y aplicada, mecánica, mecatrónica e instrumentación industrial; con normas y estándares internacionales para la instrumentación e implementación de sistemas eléctricos y de control, que generara una mejora de calidad de producción; basadas en soluciones tecnológicas y de alta creatividad.

La ESPOCH por medio de sus carreras busca fortalecer el desarrollo institucional aportando a los proyectos productivos que están siendo impulsados dentro de la misma, como una iniciativa para mejorar se desea generar un sistema automatizado de dos equipos piloto que aporten a la Facultad de Ciencias, Escuela de Ingeniería Química, Laboratorio de Procesos Industriales; creando un sistema más seguro y eficiente para realizar los trabajos prácticos que ejecutan los estudiantes en los periodos académicos.

De esta forma, el planteamiento, diseño y desarrollo de esta tesis, está cimentado alrededor de una pregunta fundamental que es: ¿Cómo un sistema automatizado contribuirá a la optimización de los recursos materiales y humanos, y a mejorar la producción y la eficiencia de una marmita

para la elaboración de queso y un mezclador para la obtención de crema solar, de la Facultad de Ciencias de la ESPOCH, del Laboratorio de Procesos Industriales?

### **Antecedentes**

En la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias, Escuela de Ingeniería Química, Laboratorio de Procesos Industriales; existen algunos equipos pilotos para prácticas que involucran el proceso de mezclado, entre estos equipos se encuentran una marmita para la elaboración de queso elaborada como tesis de grado previa a la obtención de título de Ingeniería Química por: Susana Alexandra Erazo Castillo y Martha Verónica Lata Morocho, como también un mezclador para la obtención de crema solar elaborada como tesis de grado previa a la obtención de título de Ingeniería Química por: Fredy Miguel Sánchez Moya y Holger Daniel Valverde Mariño (Erazo, 2012, p. 22)(Sánchez, 2014, p. 3).

El aporte de estas máquinas o equipos piloto en el laboratorio de Procesos Industriales, ha fomentado el desarrollo del aprendizaje de los estudiantes, así como otros aportes que existen en las instalaciones del laboratorio; permitiendo que cada practicante conozca más a detalle las etapas por las que pasa cada proceso, como en el caso de este trabajo, la elaboración de queso o crema solar, así como también conocer y familiarizarse con el comportamiento y funcionamiento de los componentes que constituyen a cada equipo.

Entre los componentes más relevantes de las máquinas están el sistema de enfriamiento, el motor utilizado para realizar las mezclas, un variador de frecuencia para controlar la medición del control de velocidades del motor, un panel de control básico, la estructura necesaria para el proceso químico. Para la obtención de los productos, en la actualidad como primer paso del proceso se realiza el ingreso de la materia prima, posteriormente se requiere una constante supervisión de la temperatura del producto y temperatura del recipiente con la finalidad de mantener una temperatura ideal y adecuada para el producto mediante el sistema de refrigeración.

Proceso que se lo realiza manualmente mediante observación directa y considerando los cambios físicos ocasionados por el sistema de enfriamiento. Este sistema de enfriamiento es de gran importancia en el control ya que mantiene las condiciones de temperatura apropiadas, haciendo uso de un reactor con chaqueta que produce mejor distribución calórica, que genera eficiencia térmica.

Elementos y procesos que si bien permiten el uso de los equipos generan problemas al momento de utilizar las máquinas, ya que el usuario hace una medición aproximada y con tiempos de reacción muy grandes que provocan que no se dé una buena eficiencia en la utilización de recursos para generar un producto determinado; también hay presencia de riesgos para los usuarios por la carencia de sensores que alerten sobre fallas de funcionamiento, como también carece de comunicación externa para poder realizar un monitoreo e interpretar los resultados del proceso dándonos conocimientos del actual estado de forma segura.

Además, el avance tecnológico demanda que estudiantes y profesionales de carreras técnicas accedan y manejen tecnologías acordes con lo que demanda la industria, en este caso hablamos de la automatización de equipos de tal manera que se favorezcan el aprendizaje.

## **Justificación**

### **Justificación Teórica**

Al realizar un análisis minucioso y detallado de los procesos de producción de las máquinas de nuestro proyecto, en donde se toma a consideración nuestro trabajo de ingeniería, teniendo que ser sutiles al momento de estudiar paso a paso los procesos de producción, detectando errores y fallas en cada una de las etapas del proceso de producción, determinando redundancias en los procesos.

A fin de mejorar la calidad de los productos finales y utilizar los equipos en su máximo rendimiento, además de crear sistemas amigables y seguros para el usuario. De esta manera en el proceso de producción, se determinó que se lo desarrolla en etapas en las cuales se logró detectar las necesidades de automatización y los posibles elementos y dispositivos que ayudaran a la solución de estas fallas.

Ya tomando en consideración el proceso de producción, este posee una etapa de encendido del motor, continuando con la acción de mezclado, se constata que la velocidad del motor usado para el mezclado del concentrado es constante, dando a relucir que esta sería una de las variables a controlar. Se considera que lo opcional para controlar la velocidad del motor debido a sus características, es un variador de frecuencia debido a que la potencia del motor que trabaja alrededor de 1hp.



Así este dispositivo nos facilitaría el control de velocidad e incluso el sentido de giro en contra de las manecillas del reloj. En la etapa del sensado de temperatura, se toma en cuenta los rangos de temperatura en los cuales van a permanecer los productos a elaborarse, y debido a estas características se consideró óptimo e ideal un sensor del tipo PT100, ya que el rango de trabajo es para temperaturas moderadas como en las que se encontraría la crema solar, el queso, la mermelada, los manjares, etc.

Siguiendo con las etapas que conlleva haber sensado la temperatura, se consideró que, para el control de refrigeración de las mezcladoras, tanto para el ingreso y salida del agua que actúa como refrigerante en las máquinas, sean electroválvulas, debido a las características del fabricante y que son ideales para acoplar al sistema de tuberías ya implementado en el laboratorio de Procesos Industriales.

Para el control, admisión de datos de los sensores de temperatura, al igual que de los variadores de frecuencia, se considera una gran opción, usar un controlador lógico programable (PLC), debido a su constitución, ya que posee entradas tanto digitales como analógicas al igual que un número de salidas suficiente para la cantidad de elementos de salida y actuadores que se consideró implementar en la marmita para queso y la mezcladora para crema solar.

La comunicación entre la máquina y el hombre, se resuelve que es oportuno implementar una interfaz HMI que permita el ingreso de instrucciones hacia las máquinas, así como también la devolución de datos, como la velocidad del motor, la temperatura en la que se encuentra el proceso, el tiempo que ha transcurrido desde el momento de inicio del proceso de producción, a su vez se considera viable el implementar que estos datos de respuesta sean monitorizados a través de la web.

### **Justificación Aplicativa**

Al momento de realizar y reproducir los procesos de producción de la marmita y la mezcladora, la manera en la que empieza el proceso es muy sencilla y concreta como la preparación de la materia prima que son la fruta o los materiales para la crema, al igual que la introducción ya en las máquinas, en el segundo paso que es el encendido del motor para empezar la mezcla, es en donde se empieza a ver la necesidad de automatización.

En esta etapa se constata la velocidad de giro del motor, que debe ser constante, y se finiquita que no siempre la materia prima va a ser la misma lo que va a ejercer una demanda mayor o menor de velocidad de giro, lo que dio la idea de implementar algún elemento que pueda controlar esa variable, permitiendo que la vida útil del motor sea más prolongada y su desempeño sea el esperado.

Siguiendo con el proceso de mezclado, se verifica la temperatura constantemente del producto en proceso, lo que se realiza de forma manual y periódicamente, dando otro indicio de que ese paso en el proceso es obsoleto y mejorable evitando la intervención humana, generando la idea de que ese monitoreo sea totalmente automático, y presentable al usuario de forma segura y amigable en algún dispositivo visual.

Continuando con el proceso de producción la variable de la temperatura controla un sistema de llenado de vapor y calor en las máquinas, que son las que van a dar la temperatura ideal para que el producto sea de la mejor calidad, de la misma manera todo este proceso de llenado es de forma manual y periódica haciendo que exista de forma obligatoria recurso humano que la ejecute, este proceso puede ser automatizado, dejando así de lado la presencia de una persona para este paso, así como también evitar la probabilidad de un error o descuido humano.

El proceso de llenado de vapor y calor como consecuencia genera que en algún momento de la mezcla este se condense al punto de formarse gran cantidad de agua que debe ser desalojada de manera inmediata de la máquina, entonces se consideró que esto puede llegar a ser mejorable y automatizable para economizar tiempo, recurso humano, y garantizar seguridad, debido a que el agua residual que ha sido utilizada durante todo el proceso sale a altas temperaturas.

De esta manera se comprobó que en el proceso de producción es viable y factible una automatización, en donde se va a poder minimizar los problemas en las diferentes etapas, mediante la implementación de un sistema de comunicación en tiempo real, del proceso con el usuario sin una intervención física-directa, y así proveer de mayor seguridad tanto a los operadores como a las instalaciones.

Al hablar de otro factor importante en el área de sistematización es que este reduce el impacto ambiental mediante el uso de dispositivos programables, actualmente existentes, contando con

una mejora continua para el ambiente. En la actualidad existen sistemas automatizados que permiten aprovechar de manera eficiente los recursos de la producción, hasta minimizan los errores humanos y disminuyen los riesgos laborales.

Para el automatizado del proceso siendo necesario para una mejor supervisión del producto en el tiempo, se procederá a ubicar e instalar elementos adicionales a las máquinas que permitan obtener datos complementarios para la medición, toma de decisiones y control de los actuadores tanto de la marmita, así como de la mezcladora para crema solar.

## **Objetivos**

### *Objetivo general.*

Diseñar e implementar un sistema automatizado con monitoreo vía web para una marmita para la elaboración de queso y un mezclador para la obtención de crema solar.

### *Objetivos específicos:*

- Identificar variables controlables de los procesos de producción con las condiciones iniciales de las máquinas y caracterizar los dispositivos adecuados para la implementación del diseño de automatización de los equipos.
- Diseñar un circuito eléctrico controlador con el uso de un PLC, montado en un panel de control y acondicionar una interfaz hombre-máquina (HMI) para el ingreso de instrucciones y devolución de resultados, en la marmita para queso y el mezclador para crema solar.
- Enlazar el sistema de control implementado mediante comunicación vía web, para monitorizar los procesos de producción en una red interna, conjuntamente con la generación y envío de una tabla de registros a través de un correo electrónico.

## **CAPÍTULO I**

### **1. MARCO TEORICO REFERENCIAL**

#### **1.1 Diseño y Diagramas**

##### **1.1.1 Diseño**

Es una actividad creativa y una etapa anticipada a una configuración mental que tiene como objetivo la obtención de una solución a procesos en cualquier campo, mediante la proyección de criterios, decisiones, ideas y fundamentos teóricos; este término es habitualmente utilizado en áreas como: ingeniería, comunicación, arquitectura, etc.

El diseño industrial es una técnica para proyectar una solución ante un problema de procesos en este campo, gran parte del diseño industrial está enfocado en la optimización de recursos materiales y humanos en el desarrollo de diferentes procesos de producción.

Existen dos métodos de diseño:

- Diseño por análisis: Es utilizado para modificar las características de un modelo estándar del sistema o las características de un sistema existente.
- Diseño por síntesis: Mediante las especificaciones del sistema define la forma de este.

##### **1.1.1.1 Tipos de diseño**

Al hablar de diseño podemos nombrar varios tipos como son:

- Diseño gráfico: Es una profesión que consiste en concebir proyecciones visuales, realizar comunicaciones visuales, programar, etc.
- Diseño industrial: Se refiere al diseño de productos usualmente fabricados en la industria.

- Diseño web: Esta actividad consiste en el diseño, implementación y la planificación de sitios con acceso web; usualmente son usados para brindar información de cualquier tipo mediante el internet.
- Diseño de circuitos: Estudia los distintos métodos con el fin de desarrollar un circuito eléctrico o electrónico.
- Diseño de evaluación: Tiene por objeto crear evaluaciones con criterios cualitativos con el análisis cuantitativo.
- Diseño factorial: Este diseño es usado en estadística, el cual en un experimento que consta de dos o más factores teniendo diferentes niveles o valores.
- Diseño arquitectónico: Es un tipo de diseño que tiene como objeto crear esquemas que satisfacen las necesidades de espacios donde permitan habitar los seres humanos.

Es importante realizar un diseño previo a una implementación porque con él garantizamos el uso óptimo de cada uno de los recursos disponibles, además nos enfocamos en la solución del o los problemas identificados, lo cual a su vez redundará en la operación eficiente de los elementos u equipos y en la obtención de productos de mejor calidad.

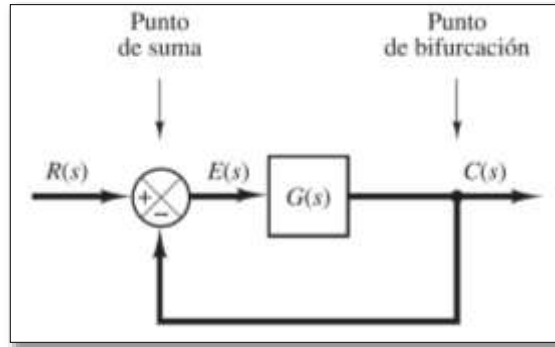
### **1.1.2      *Diagrama***

#### **1.1.2.1      *Diagramas de bloques***

Ogata, se refiere a los diagramas de bloques de un sistema como:

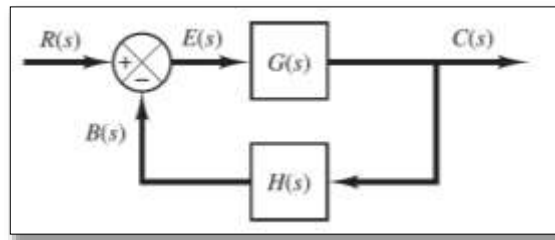
*“Una representación gráfica de las funciones que lleva a cabo cada componente y el flujo de señales. Tales diagramas muestran las relaciones existentes entre los diversos componentes. A diferencia de una representación matemática puramente abstracta, un diagrama de bloques tiene la ventaja de indicar de forma más realista el flujo de las señales del sistema real.”* (Ogata, 2010, p.17)

Un diagrama de bloque se puede definir como aquella representación gráfica mediante bloques, mostrando el flujo de las señales, la relación existente entre las variables y la función que cumple el sistema. El bloque está representado por una función de transferencia de cada componente. Las figuras 1-1 y 2-1 representan un diagrama de bloques.



**Figura 1-1.** Diagrama de bloques de un sistema de lazo cerrado

Fuente: (Ingeniería de control moderna,2010)



**Figura 2-1.** Diagrama de bloques de un sistema de lazo abierto

Fuente: (Ingeniería de control moderna,2010)

### 1.1.2.2 Elementos de los diagramas de bloques

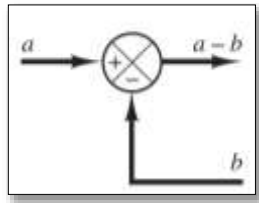
- Bloques: Es la representación de la relación existente entre las variables, por lo general es la función de transferencia del componente. La figura 3-1 representa un bloque.



**Figura 3-1.** Bloque

Fuente: (Ingeniería de control moderna,2010)

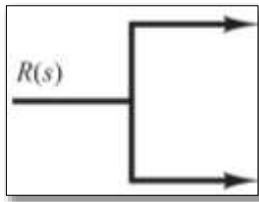
- Punto de suma: Su función es realizar una suma algebraica de las señales de acuerdo a los signos correspondientes. Está representado por la figura 4-1:



**Figura 4-1.** Punto suma de un sistema de bloques

**Fuente:** (Ingeniería de control moderna,2010)

- Punto de ramificación: Son los puntos a partir de los cuales una señal va de modo concurrente a otros bloques o sumadores, la figura 5-1 representa un punto de ramificación. (Ogata,2010)



**Figura 5-1.** Punto de ramificación de un sistema de bloques

**Fuente:** (Ingeniería de control moderna,2010)

- Flechas: Indican la dirección del flujo de las señales. (ver figura 6-1)



**Figura 6-1.** Flechas de un sistema de bloques

**Fuente:** (Ingeniería de control moderna,2010)

### 1.1.3 Diagramas en GRAFCET

La norma IEC 60848:2002 define al GRAFCET como un lenguaje que permite modelar el comportamiento de la parte secuencial de un sistema automatizado. Su concepción deriva de un modelado gráfico más general, las redes de Petri y, actualmente, es una de las mejores herramientas, por su sencillez y expresividad, para representar sistemas de fabricación automatizados. (Normas IEC 60848, 2015)

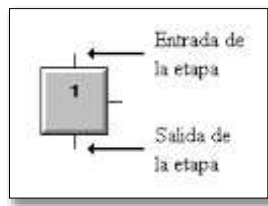
Los diagramas en GRAFCET son una representación gráfica o diagrama funcional utilizado para describir los comportamientos de automatismos relacionados con la información que recibe, evitando errores y conflictos en el funcionamiento; este diagrama secuencial está formado por etapas, transiciones y arcos.



### 1.1.3.1 Composición de diagramas GRAFCET

Estos diagramas están compuestos por un conjunto de:

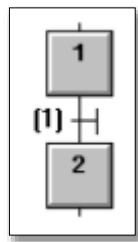
- Etapas o estados: Representan a estados estables del sistema, estas van asociadas con las acciones, son simbolizadas por un cuadrado.



**Figura 7-1.** Etapa de un diagrama Grafcet

Fuente: ([http://isa.uniovi.es/docencia/iea/teoria/grafcet\\_resumen.pdf](http://isa.uniovi.es/docencia/iea/teoria/grafcet_resumen.pdf))

- Transiciones: Es la condición para poder avanzar entre etapas.



**Figura 8-1.** Transición de la etapa 1 a la etapa 2

Fuente: ([http://isa.uniovi.es/docencia/iea/teoria/grafcet\\_resumen.pdf](http://isa.uniovi.es/docencia/iea/teoria/grafcet_resumen.pdf))

- Uniones o arcos: Estas unen las etapas anteriores a las transiciones y de las transiciones a las siguientes etapas

### 1.1.4 Diagramas en LADDER

García (2005, p.147) define a los diagramas LADDER o también llamados diagrama de contactos como un lenguaje gráfico, derivado del lenguaje de relés, que mediante símbolos representa contactos, solenoides, etc.

Una de las ventajas de estos diagramas es que los símbolos básicos están normalizados según normas NEMA y son empleados de manera generalizada cuando se trata de automatización de

equipos. La representación gráfica de este diagrama muestra los contactos ordenados lógicamente.

#### 1.1.4.1 Elementos del Diagrama LADDER

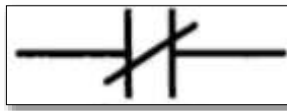
Los elementos básicos que posee el diagrama de contactos o diagrama LADDER son:

- Contactos: Se representan entre dos líneas verticales; es un interruptor que tiene como función cambiar el estado de abierto a cerrado o viceversa.



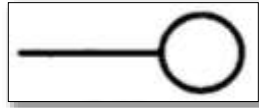
**Figura 9-1.** Contacto Normalmente Abierto

**Fuente:** (El Control Automático en la Industria, 2005)



**Figura 10-1.** Contacto Normalmente Cerrado

**Fuente:** (El Control Automático en la Industria, 2005)



**Figura 11-1.** Salida

**Fuente:** (El Control Automático en la Industria, 2005)

- Bloques: Son una representación gráfica que nos permite visualizar varios componentes con funciones complejas en nuestro diagrama LADDER, como temporizadores, operaciones lógicas, operaciones algebraicas, registro de desplazamientos, etc.

### 1.1.4.2 Simbología para programación de PLC's

La siguiente figura representa los símbolos utilizados para la programación de PLC's.

Norma → Función ↓	Nemónicos	Boole	DIN-40713-6 (reles)	NEMA (contactos)	Simbolos lógicos	Operadores lógicos UNE-20-004-75 (XVI)
Y (serie)	AND	•				
O (Paralelo)	OR	+				
Com- plemento	NOT	$\bar{A}$				
Exclusiva	XOR	$\oplus$				

**Figura 12-1.** Simbología para la programación de PLC's

Fuente: (El Control Automático en la Industria, 2005)

## 1.2 Implementación

### 1.2.1 Definición

Una implementación es la puesta en práctica o instalación de una aplicación de cualquier tipo, es decir puede ser la realización o la ejecución de una idea, de un plan, de un modelo teórico o científico.

La acción de implementar se considera un conjunto de métodos, medidas y acciones con la finalidad de concretar una actividad; es por eso que aquello que se implementa se debe enfocar de forma jerarquizada la cual como primer punto se considera el surgimiento de una idea que se plasma posteriormente en forma de un proyecto, el cual deberá presentar características específicas y el uso de métodos adecuados para llegar a un fin, cualquiera que este sea.

### 1.2.2 Implementación física

Es el proceso de unificar componentes electrónicos, mediante conexiones permitiendo enlazar los elementos; esto se lo realiza siguiendo diseños predeterminados, normas preestablecidas que

permitan lograr el funcionamiento apropiado de los elementos y del circuito.

### **1.2.3      Normas**

El diccionario lo define como regla o conjunto de reglas que hay que seguir para llevar a cabo una acción, porque está establecido o ha sido ordenado de ese modo. (Real Academia Española, 2010, p. 1560)

García dice:

*En la tecnología y la industria, una norma es el procedimiento, un modelo o patrón, al que se ajusta un trabajo, una tarea o un proceso. También es la regla que determina el tamaño, la composición y otras características, como la calidad, que debe tener un objeto o un producto industrial para garantizar un equilibrio socioeconómico en el mercado.* (García, 2005, p. 23)

Se concluye que las normas en los ámbitos social y técnico son coincidentes, debido a que los lineamientos o reglas establecidas deben ser consideradas y puestas en práctica de manera inobjetable.

#### **1.2.3.1      Sistema Normalizado IEC 1131-3 de programación de autómatas**

La Comisión Electrotécnica Internacional hizo diferentes sistemas de lenguaje de programación, con el fin de responder a la complejidad en aumento de los sistemas de control, a la variedad de PLC's existentes e incompatibles entre sí, con la norma IEC 1131-3 que se encuentra basado en lenguajes literales y lenguajes gráficos. (Mandado et al, 2009, p. 205)

Sus características generales son:

- Los tipos de datos: Son aquella información elemental con la que se pueden realizar operaciones.

**Tabla 1-1:** Principales tipos de datos de la norma IEC 1131-3

Denominación	Bits	Descripción	Ejemplo
BOOL	1	Variable binaria o lógica (Boolean)	FALSE o TRUE
INT	16	Número entero con signo (Integer)	-32768 .. 32767
UINT	16	Número entero sin signo	0 .. 65535
REAL	32	Número real	0.4560
BYTE	8	Conjunto de 8 bits (Byte)	0 .. 255
WORD	16	Conjunto de 16 bits (Word)	0 .. 65535
DWORD	32	Conjunto de 32 bits (Double Word)	0.. 232- 1
TIME		Duración	T#5d4h2m38s3.5ms
DATE		Fecha	D#2002-01-01
TIME OF DAY		Hora del día	TOD#15:35:08.36
DATE_AND TIME		Fecha y hora	DT#2002-01-01-15:35:08.36
STRING		Cadena de caracteres	'AUTOMATA'

**Fuente:** Autómatas Programables y Sistemas de Automatización, 2009

**Realizado por:** Erik Zurita y Fabián Fiallos, 2016

- Unidades de organización del programa en un proyecto: Son las aplicaciones que nos permiten realizar tareas como subprogramas, funciones, bloques funcionales, variables, entre otras.

### 1.2.3.2 Normas para la representación de esquemas eléctricos

#### 1.2.3.2.1 Normas para cableado de baja tensión

Las normas para el cableado en baja tensión son aquellas que se usan para evitar malas conexiones, peligros posteriores, y se encuentran aceptados por asociaciones internacionales, en el rango de baja tensión.

**Tabla 2-1:** Normas de colores para cableado en baja tensión

Color	Tipo de circuito
Amarrillo/verde	Conductores de protección (tierra)
Azul claro	Neutros de circuitos de potencia
Azul	Circuitos de mando en corriente continua
Rojo	Circuitos de mando en corriente alterna
Negro	Conductores activos de circuitos de potencia en c.a. y c.c
Naranja	Circuitos de enclavamiento de mando alimentados desde una fuente externa de energía

**Fuente:** Conjunto de Aparatura de baja tensión, 2012

**Realizado por:** Erik Zurita y Fabián Fiallos, 2016

Mediante la norma UNE-EN 60439-1 que es para cableado en baja tensión podemos realizar la siguiente tabla que se encuentra basada en la hipótesis del comportamiento adiabático para un período no superior a 5 segundos.

**Tabla 3-1:** Temperaturas admisibles del conductor en condiciones normales y de cortocircuito

<b>Tipos de aislamiento</b>	<b>Máxima temperatura del conductor en condiciones normales en °C</b>	<b>Máxima temperatura del conductor en condiciones de cortocircuito en °C</b>
Policloruro de vinilo (PVC)	70	160
Caucho	60	200
Polietileno reticulado (PR)	90	250
Compuesto de etileno propileno (EPR)	90	250
Caucho silicona (SIR)	180	350

**Fuente:** Conjunto de Apararmenta de baja tensión, 2012

**Realizado por:** Erik Zurita y Fabián Fiallos, 2016

#### **1.2.3.2.2** Normas para señalización y botonería de mando

Mediante la norma UNE-EN 60073 se encuentra basada en principios básicos y seguridad para interfaces hombre-máquina, el marcado y la identificación, encontramos normas para nuestra botonería de mando ubicado en los paneles de control generalmente.

**Tabla 4-1:** Normas para la botonería de mando

<b>Color</b>	<b>Significado</b>	<b>Descripción</b>	<b>Ejemplos</b>
Rojo	Emergencia	Actuación en caso de emergencia o en condiciones peligrosas. Función de Paro.	Parada de Emergencia
Amarillo	Anomalía	Actuación en caso de condiciones anormales	Intervención para interrumpir un proceso anormal.
Verde	Normal	Actúa para iniciar en condiciones normales.	Inicio de un ciclo normal de marcha.
Azul	Obligatorio	Funciona en acciones que requieren una acción obligada.	Función de rearme.
Blanco		Sin función específica	ON/MARCHA
Gris		Sin función específica	OFF/Paro

**Fuente:** Principios básicos para la interfaz hombre-máquina, 2012

**Realizado por:** Erik Zurita y Fabián Fiallos, 2016

De las normas anteriormente mencionadas para la botonería de mando es importante recalcar que no se debe utilizar el ROJO para la función de Arranque, para rearme no usar el color verde.

Otro de nuestros principales bases de la norma UNE-EN 60073 es para los indicadores de luminosidad y son:

**Tabla 5-1:** Funciones de los indicadores de luminosidad

Color	Significado	Descripción
Rojo	Emergencia	Advierte de posible peligro o de un estado que requiera una acción inmediata.
Amarillo	Anomalía	Control o intervención
Verde	Normal	Funcionamiento correcto del sistema.
Azul	Obligatorio	Orden para cambio de secuencia o de parámetros.
Blanco	Neutro	Interruptor general conectado o sistema en tensión.

**Fuente:** Principios básicos para la interfaz hombre-máquina, 2012

**Realizado por:** Erik Zurita y Fabián Fiallos, 2016

### 1.3 Sistema

#### 1.3.1 Definición

De acuerdo con Ogata (2010, p.3), los sistemas son una combinación de varios componentes que actúan juntos y están destinados a realizar un objetivo determinado, que no necesariamente va a ser considerado como un sistema físico.

La definición de sistema puede ser aplicado a fenómenos físicos o teóricos, con lo que no siempre va a estar ligado a ciencias técnicas, el termino sistema debe ser tomado con un sentido más amplio: sistemas económicos, físicos, eléctricos, hidráulicos, de control, etc.

#### 1.3.2 Sistemas de Control

Los sistemas de control son diseñados con el objetivo de desempeñar tareas específicas como controlar la temperatura, mantener la luminosidad en un lugar, abrir automáticamente una llave y otras de este tipo, su comportamiento responde a requisitos y necesidades concretas.

Las especificaciones por lo general y como recomendación deben ser establecidas al inicio, justo antes que el proceso de diseño empiece y pueden venir dadas como requisitos en el estado estacionario del sistema o en su respuesta transitoria. (Ogata, 2010, p.9)

Entre las características de un sistema de control tenemos:

- La retroalimentación
- Señal de corriente de entrada
- Señal de corriente de salida
- Variaciones externas
- Variable controlada
- Variable manipulada
- Fuente de energía

#### **1.3.2.1**      *Clasificación de sistemas de Control*

Según la forma de controlar los procesos existen dos tipos de sistemas

- Sistemas de control de lazo cerrado. - Su salida depende de la entrada, llamados también sistemas de control con retroalimentación. Utilizado en el diseño e implementación de este proyecto, por lo que se amplía más adelante.

De acuerdo con Ogata (2010, p.7) un sistema de control de lazo cerrado mantiene una relación dependiente de la salida con la entrada, comparándolas entre ellas y usando la diferencia también llamado error como medio de control, estos sistemas son conocidos como sistemas de control con retroalimentación.

Este tipo de sistema permite la medición y comparación constante de la variable controlable, en donde una señal de entrada va a estar en constante comparación con una señal de salida, dicha comparación es la diferencia existente entre estas dos señales, llamada error, en si el sistema permite que este error se reduzca haciendo que el tiempo de reacción y establecimiento del proceso, sea menor, reduciendo la sensibilidad a perturbaciones.

El ejemplo más sencillo y claro es el de un sistema de control de temperatura de una habitación en la cual la idea es mantener un nivel de temperatura estable, en donde el sistema mide la



temperatura real o del ambiente y la compara con la temperatura establecida o de referencia; en el cual dicho proceso controlará actuadores ideales para mantener la temperatura; como una niquelina para elevar la temperatura o un ventilador para enfriarla, procurando mantener un nivel deseado de temperatura independientemente de los factores y condiciones externas.

- Sistemas de control de lazo abierto. - La salida no depende de su entrada.

Considerando los sistemas de control que son implementados con autómatas programables tenemos:

- Sistema de electrónico de control
  - Autómatas programables
  - Sistemas de automatización

### **1.3.3      *Sistemas electrónicos de Control***

#### **1.3.3.1    *Introducción***

Con el progreso de los inventos eléctricos y su posterior dominio tecnológico a través de la Electrónica, se generó un impulso hacia la implementación de sistemas que permiten el accionamiento y el control de máquinas eléctricas.

Estos sistemas fueron nombrados “Sistemas electrónicos de control” (Electronic control systems), brindando funciones de procesar y guardar información adquirida de señales eléctricas brindadas por sensores con el objetivo de proporcionar respuestas adecuadas a determinados estímulos aplicados a sus entradas. (Mandado et al, p. 277)

#### **1.3.3.2    *Clasificación***

Los sistemas electrónicos de control se pueden dividir en dos grandes grupos:

- Autómatas programables: También conocidos como PLC (programador lógico programable), permite gestionar circuitos de automatismos industriales mediante una programación correspondiente
- Sistemas de automatización: son sistemas de control que nos permiten administrar un proceso de manera automática.

## **1.4 Automatización**

### **1.4.1 Definición**

Para entender de manera clara y precisa la definición de automatización revisaremos el concepto descrito en Autómatas Programables y Sistemas de Automatización:

*La fabricación asistida por computador (CAM) consiste en un conjunto de técnicas que tienen como objetivo elevar la productividad de los procesos de fabricación mediante la sustitución de las manos del ser humano por sistemas físicos que combinan la Tecnología Electrónica con otras como la Teoría de Control, la Mecánica, las Máquinas Eléctricas, la Neumática, la Hidráulica, etc., cuyo conjunto suele conocerse bajo la denominación de “Automatización de la Producción o Automatización Industrial”. (Enrique Mandado et al, 2009, p.654)*

La importancia de la automatización radica en que en procesos productivos representa la mejor solución ante problemas como la falta de recursos humanos o mano de obra, mejorando incluso el nivel de competitividad en el campo de la producción industrial.

Aumenta el grado de rentabilidad de la empresa, reduciendo tiempos e incrementando la producción, también aporta a elevar el nivel de la calidad de los productos y en muchos casos a mejorar la seguridad industrial.

#### **1.4.2      *Sistemas de automatización***

Los sistemas de automatización se los suelen definir como aplicaciones tecnológicas para procesos, en donde estos se auto comprueban y se autocorrigien. Los sistemas de automatización se caracterizan por planificar, controlar y supervisar procesos en los sistemas de producción.

A decir de Mandado “es una combinación de la Tecnología Mecánica, la Tecnología Eléctrica, la Teoría de Control, la Electrónica y los Computadores”. (Mandado et al, 2009, p.655)

#### **1.4.3      *Proceso industrial***

Mandado lo describe como:

*Un conjunto de acciones, realizadas por una o más máquinas adecuadamente coordinadas que dan como resultado la fabricación de un producto. Son ejemplos de procesos industriales una cadena de montaje de automóviles o una fábrica de bebidas.* (Mandado et al, 2009, p. 3)

El proceso industrial además tener etapas en serie con funciones específicas, están diseñados para optimizar recursos materiales y mejorar la seguridad.

### **1.5          Elementos de control**

Los elementos de control son los dispositivos electrónicos destinados a controlar circuitos eléctricos, actuadores pertenecientes a las etapas de los procesos mediante su conexión y desconexión.

#### **1.5.1      *Controladores industriales***

##### **1.5.1.1    *Qué es un controlador industrial***

Estos surgen como una respuesta a la necesidad de supervisión y control en sistemas complejos de las variables que intervienen en los procesos, con ellos se dio vida al perfeccionamiento de la tecnología enfocándola al desarrollo de equipos con la capacidad de memorizar y controlar

variables físicas, que portan la información necesaria para el tratamiento de los procesos de producción industrial. (Enrique Mandado et al, 2009, p.3).

En términos sencillos y concretos un controlador es un dispositivo capaz de administrar las variables físicas que gobiernan en los procesos, aclarando que estos equipos no hacen estas tareas de forma directa, debido a que en su mayoría las variables físicas medidas no son eléctricas, usando elementos adicionales llamados sensores, para realizar esta conversión.

#### **1.5.1.2**    *Tipos de controladores*

- Controladores de dos posiciones u on/off: La acción de control en el elemento final o actuador lo realiza con la conmutación entre dos posiciones, es decir lo conmuta entre el encendido o apagado.
- Controlador proporcional (P): Permite una acción de control proporcional mediante la relación lineal existente entre la salida del control y la señal de error.
- Controlador proporcional – integral (PI): Es la acción de control proporcional a la integral de la señal de error en un determinado tiempo.
- Controlador proporcional – derivativo (PD): Es el control proporcional a la rapidez con la que se producen desviaciones de la señal de entrada.
- Controlador proporcional – derivativo – integral (PID): Es un controlador que permite el uso de un controlador proporcional, proporcional – integral y proporcional – derivativo haciendo uso de cada una de las ventajas de estos.

Existen varios dispositivos que nos permiten realizar un control siendo relevante en este caso un PLC.

#### **1.5.1.3**    *Controladores lógicos programables ó PLC*

Un PLC o controlador lógico programable es un dispositivo en el cual se establece una secuencia sistemática, lógica y ordenada de instrucciones, para resolver tareas de etapas de control. Donde

estas secuencias relacionan a las variables que intervienen en el proceso de producción; variables lógicas que forman parte esencial del programa del autómatas o PLC.



**Figura 13-1.** PLC Compacto de Scheider Electric  
**Fuente:** (Catalogo de Scheider Electric, 2015)

## **1.5.2      *Sensores***

### **1.5.2.1    *Definición***

Los sensores son dispositivos electrónicos cuya constitución permite transformar fenómenos físicos a señales medibles de voltaje, corriente o frecuencia, señales que deben ser acondicionadas para su óptimo uso con elementos de control como microcontroladores, PLC's, etc.

### **1.5.2.2    *Tipos de sensores***

La clasificación de los sensores se la puede determinar de acuerdo a las necesidades, en el caso de este trabajo considerando los diferentes parámetros de los dispositivos:

Según su principio de funcionamiento:

- Activos: de efectos piezoeléctricos y termoelectricos, como termocupla, pt100
- Pasivos: basados en la variación de la resistencia, capacitancia e inductancia, como fotoceldas, galgas extensiométricas.

Según el tipo de señal que dé respuesta:

- Analógicos: PT100, PT1000, termocupla, sensor de proximidad Sharp.
  - Digitales: sensores capacitivos e inductivos, sensores ópticos, sensores de color.
- (Enrique Mandado et al, 2009, p.437).

En el desarrollo de la propuesta se decidió usar sensores PT100 tomando en cuenta la necesidad y las características físicas de los equipos.

### 1.5.2.3 *Sensor de temperatura PT100*

Un sensor de temperatura del tipo PT100, es un dispositivo de efecto piezoresistivo que transforma el fenómeno físico, de la variación del calor o el frío a una magnitud de señal de voltaje medible, que tiene como característica, que al encontrarse a una temperatura de 0 grados centígrados la resistencia equivale a 100 ohmios.



**Figura 14-1.** Sensor de temperatura PT100 tipo rosca

**Fuente:** (<http://www.ecefast.com.au/thermocouple-k-pt100-6mm-ss-1-2-bsp-thread-small-alloy-head-ts-11>)

## 1.5.3 *Actuadores*

### 1.5.3.1 *Definición*

Son elementos o dispositivos automatizados que tienen como finalidad la activación de un proceso; a través de la transformación de formas de energía eléctrica, hidráulica o neumática.

Dicha activación puede ser definida como una fuerza que actúa o mueve a un dispositivo final de control, que por lo general son elementos mecánicos que forman parte del proceso, como son las electroválvulas.

### 1.5.3.2 Tipos de actuadores

Los actuadores se dividen en:

- Actuadores neumáticos: Son aquellos que su fuente de energía es el aire a presión.
- Actuadores hidráulicos: Estos actuadores tiene como fuente de energía es un fluido.
- Actuadores eléctricos: Su alimentación es la energía eléctrica.

Es importante describir que para el control automático son más usados los actuadores eléctricos, entre los cuales tenemos: motores, variadores de frecuencia, electroválvulas, relés, etc.

### 1.5.3.3 Motores

Los motores son máquinas que tienen por función principal transformar la energía eléctrica en energía mecánica, siendo la fuerza rotacional generada la que nos permite realizar un trabajo.



**Figura 15-1.** Motor eléctrico de corriente alterna asíncrono

**Fuente:** (<https://www.inverterdrive.com/group/Motors-AC/Marelli-MAQ80MB2-B3-High-Efficiency-AC-Motor/>)

#### 1.5.3.3.1 Clasificación de motores

La clasificación de los motores según el tipo de corriente utilizada para su alimentación es la siguiente:

- Motores de corriente continua

Son motores que se encuentran alimentados por una fuente de corriente directa.

- De excitación independiente
- De excitación serie
- De excitación (shunt) o derivación.
- De excitación compuesta (compund).

- Motores de corriente alterna

Es un motor que su rotor gira a una velocidad distinta a la de sincronismo y es alimentado por corriente alterna.

- Motores síncronos
- Motores asíncronos

Según su número de fases de alimentación:

- Monofásicos

Son motores asíncronos con alimentación monofásica.

- De bobinado auxiliar
- De espira en cortocircuito
- Universal

- Trifásicos

Son motores asíncronos con alimentación monofásica.

- De rotor bobinado
- De rotor en cortocircuito (jaula de ardilla)



#### 1.5.3.4 Variador de Frecuencia

Un variador de frecuencia es un dispositivo que controla la velocidad y el sentido de giro de motores de corriente alterna variando sus rangos de frecuencia, de la señal eléctrica de entrada del motor.

Son utilizados en necesidades como:

- Dominio de par y la velocidad
- Regulación sin golpes mecánicos
- Movimientos complejos
- Mecánica delicada (Schneider Electric, 2015, p.4)

#### 1.5.3.5 Electroválvulas de Vapor

Es una válvula accionada de manera eléctrica para controlar el flujo del vapor a través de un conducto. El accionamiento eléctrico se produce a través del flujo de corriente por una bobina o solenoide, este solenoide provoca que se genere magnetismo para el accionamiento mecánico de la válvula.



**Figura 16-1.** Electroválvula de vapor

**Fuente:** ([http://www.valveco.com.co/p/valvula-solenoide-uni-d---vapor\\_4398453/valvula-solenoide-uni-d--vapor--modelo-us-\\_4398454](http://www.valveco.com.co/p/valvula-solenoide-uni-d---vapor_4398453/valvula-solenoide-uni-d--vapor--modelo-us-_4398454))

#### 1.5.3.6 Electroválvulas de Agua

Es un dispositivo que permite el control del flujo de agua, mediante el accionamiento de una bobina solenoide, que al pasar corriente por la bobina esta se convierte en un electroimán,

permitiendo el accionamiento mecánico de la válvula.



**Figura 17-1.** Electroválvula de agua

**Fuente:** ([http://es.made-in-china.com/co\\_roundstar/product\\_Zw-Series-Water-Gas-Solenoid-Valve-G3-8-G2-\\_eugyiserg.html](http://es.made-in-china.com/co_roundstar/product_Zw-Series-Water-Gas-Solenoid-Valve-G3-8-G2-_eugyiserg.html))

#### **1.5.3.7**    *Relés*

Son elementos accionados eléctricamente que, mediante el paso de la corriente, energiza el núcleo de hierro provocando que se comporte como un electroimán, y atrae al material inducido por uno de sus extremos, empujando por el otro a uno de los contactos hasta que se juntan, permitiendo el paso de la corriente a través de ellos.

Dicho proceso de accionamiento viene descrito como el cierre y apertura de un interruptor cuando es Normalmente Abierto (NO), y como la apertura o cierre, cuando es Normalmente Cerrado (NC).

### **1.6**            **Programación, Software e Interfaces**

#### **1.6.1**            *Programación*

Es el proceso de diseñar, codificar, depurar y mantener código fuente escrito en algún lenguaje de programación, dando solución a un problema mediante etapas, una de resolución teórica del problema y una de implementación en lenguaje de programación a través de un código fuente. (Joyanes Aguilar et al., 1996, p.1)

La programación se la puede definir como la resolución de problemas, de forma sistemática y ordenada de procesos a través de algoritmos lógicos implementados en lenguajes de programación conocidos como Softwares.

### **1.6.2      *Software***

El software es un componente de la tecnología del tipo lógico que tiene una naturaleza y una tipología, siendo una parte intangible, que mediante instrucciones ingresadas por los usuarios permite realizar ejecutar órdenes, solucionar problemas, etc.

Son aquellos programas que mediante instrucciones o algoritmos permite que el hardware realice tareas, ya sea escribir texto, realizar cálculos matemáticos, crear simulaciones, diseño asistidos por la computadora, entre otras tareas. (Guevara, 2011, p. 121)

#### **1.6.2.1      *Twido suite***

Es un software de programación diseñado para asistir el desarrollo de proyectos que utilizan PLC's Twido, el objetivo es reducir considerablemente el tiempo simplificando todas las tareas.

En el manual de Twido Suite está definido como:

*TwidoSuite es un entorno de desarrollo gráfico, lleno de funciones para crear, configurar y mantener aplicaciones de automatización para los autómatas programables Twido de Telemecanique y Schneider Electric. TwidoSuite permite crear programas con distintos tipos de lenguaje, después de transferir la aplicación para que se ejecute en un autómata. Twido suite dispone de dos modelos de controladores: compactos y modulares. (Manual de usuario de Twido Suite, 2010, p. 23)*



**Figura 18-1.** Plataforma de Twido Suite  
**Fuente:** Manual de usuario de Twido Suite

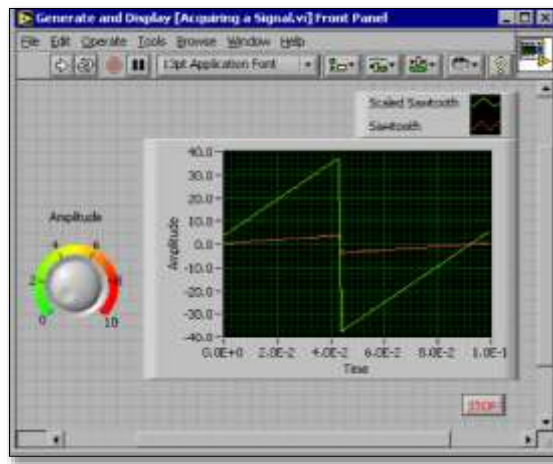
#### 1.6.2.2 *LabVIEW*

El manual de usuario de LabVIEW lo describe como:

*El LabVIEW es un lenguaje de programación de alto nivel, de tipo gráfico, y enfocado al uso en instrumentación. Pero como lenguaje de programación, debido a que cuenta con todas las estructuras, puede ser usado para elaborar cualquier algoritmo que se desee, en cualquier aplicación, como en análisis, telemática, juegos, manejo de textos, etc. (Manual de usuario de LabVIEW, 2003, p. 1)*

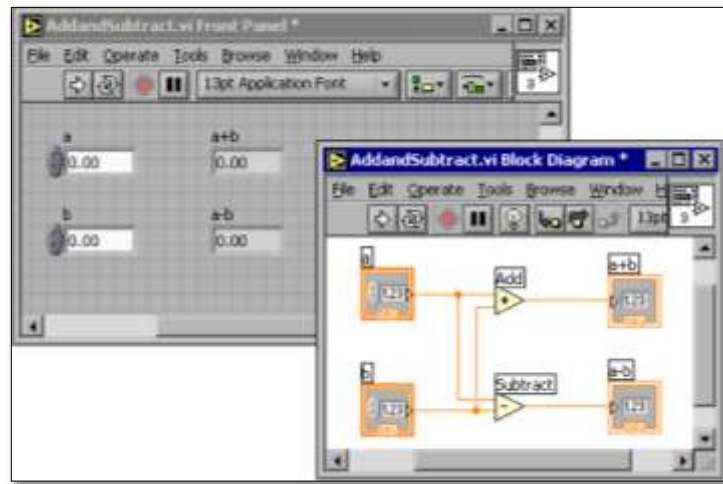
Los programas que son realizados en LabVIEW, National Instruments lo llaman “Instrumento Virtual (VI)”, estos programas para su creación constan de tres partes: el panel frontal, el diagrama de bloques y el icono de conexión.

- El panel frontal: Aquí se encuentran ubicados los indicadores y controles para el usuario que será visualizado al momento de que el programa se encuentre en funcionamiento.



**Figura 19-1.** Ejemplo de un panel frontal  
Fuente: Manual de usuario de Labview

- El diagrama de bloques: Es el programa realizado en código G, basándose en un flujo de datos.



**Figura 20-1.** Ejemplo de un diagrama de bloques correspondiente a un panel  
Fuente: Manual de usuario de LabVIEW

- Icono de conexión: Son usados para conectar el programa creado como subrutina en otro programa.

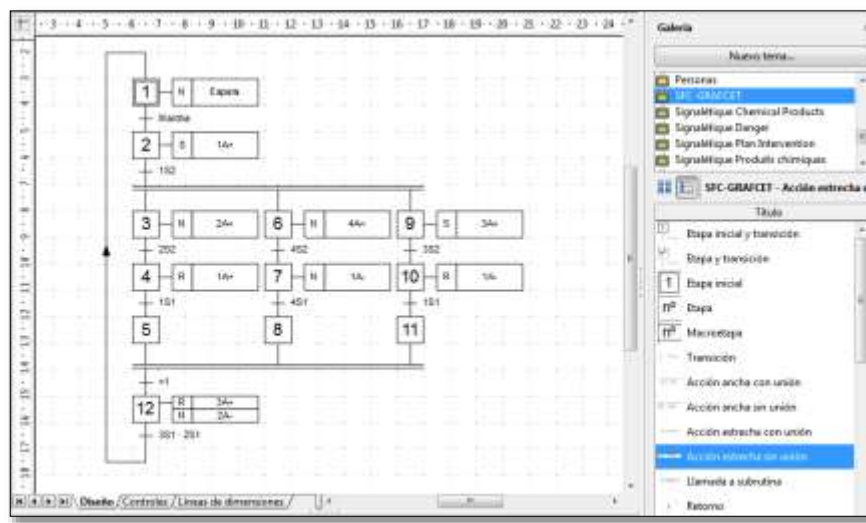
### 1.6.2.3 AutoCad

Autodesk AutoCAD es un programa informático de dibujo asistido por ordenador, para dibujo en dos y tres dimensiones, utiliza el concepto de espacio modelo y espacio papel para separar las fases dibujo en 2D y 3D, (Manual de usuario de Autodesk, 2012, p. 3)

AutoCad mediante la gestión de elementos geométricas, se las utiliza en una pantalla grafica que es llamado editor de dibujo. La interacción del usuario es mediante comandos para la edición del dibujo desde la barra de comandos o línea de órdenes a las que el programa se encuentra orientado.

#### 1.6.2.4 *Free SFC*

Es una extensión gratuita de OpenOffice que nos permiten realizar gráficos secuenciales o GRAFCET de manera sencilla y rápida. Esta aplicación debe ser instalada en conjunto con el software de OpenOffice, abriendo su modo gráfico para ser uso del Free SFC.



**Figura 21-1.** Interfaz del Free SFC

Fuente: (<http://reea-blog.blogspot.com/p/freesfc-diseno-de-graficos-grafcet.html>)

### 1.6.3 *Interfaces*

#### 1.6.3.1 *Definición*

Una interface es la que permite la comunicación funcional entre dos dispositivos, ya sean de diferente nivel o del mismo nivel, así por ejemplo para una comunicación entre una computadora y un usuario es necesario una interfaz.

La utilidad de una interfaz es demasiado variada desde permitir comunicaciones con equipos, hasta permitirnos recibir información de variables físicas (temperatura, posición, voltaje, etc.) para conocer el estado de estos. Es importante realizar una interfaz o medios por los que se comuniquen dichos dispositivos que sean flexibles y amigables hacia el usuario.

### 1.6.3.2 HMI

De acuerdo con Guerrero (2009, p. 200), la interfaz Hombre-Máquina o por sus siglas HMI es la interface que nos permite que el usuario u operador del sistema de control o supervisión, interactúe con los procesos.

El HMI tiene por objetivo en un proceso la ejecución de acciones de mando, visualización del estado del proceso, tratamientos de las situaciones de alarma. Es de importancia que el HMI permita al observador comprender la situación que se representa, la utilización de los equipos de manera óptima y segura.



**Figura 22-1.** Ejemplo de HMI

**Fuente:** Diseño e implementación de un sistema automatizado con monitoreo vía web para una marmita para la elaboración de queso y un mezclador para la obtención de crema solar

## 1.7 Comunicaciones Industriales

Las comunicaciones industriales no son más que un sistema de comunicación basado en el uso de dispositivos que permitan un intercambio de datos entre diferentes sistemas, procesos e instalaciones. (Guerrero, 2009, p.7)

### 1.7.1 Ethernet

La tecnología Ethernet permite una comunicación full dúplex, es considerado un sistema que permite crear potentes redes de comunicación; el usuario pueda adaptar el rendimiento del sistema

de acuerdo a sus necesidades y exigencias, así como también la velocidad de transmisión de datos ya que a este sistema se puede introducir nuevas tecnologías por su gran compatibilidad. (Guerrero, 2009, p. 255)

Su función primordial dentro de una red es que los dispositivos puedan enviar y recibir datos de manera que se evite colisiones y superposiciones, por ello los datos deben ser fragmentados y enviados por el método conocido como conmutación de paquetes.

### **1.7.2      *Comunicación Wireless***

La comunicación Wireless es una de las comunicaciones inalámbricas, su primer estándar es el IEEE802.11b que fue conocido como Wifi, este utiliza el protocolo TCP.

### **1.7.3      *Web***

La web se basa en el uso de un servidor web que nos permite recibir y enviar datos, mediante el acceso a internet y un navegador web para el acceso a páginas HTML. El navegador web muestra información codificada en los servidores.

## **1.8          *Monitoreo***

### **1.8.1      *Definición***

El monitoreo es el proceso ordenado que nos permite recolectar, analizar y utilizar información para poder realizar seguimientos en programas que tienen como finalidad proporcionar resultados y seguimiento de proceso, siendo capaces de guiar las decisiones de gestión. El monitoreo generalmente hace referencia al desempeño o evaluación explicativo de un proceso.

El monitoreo es el seguimiento de un proceso mediante información recolectada por programas o constantes evaluaciones comparativas, que tienen como propósito gestionar las etapas de los procesos industriales permitiendo conocer estados de las máquinas y toma de decisiones.

### **1.8.3      *Tipos de monitoreo***

El monitoreo según los recursos utilizados se clasifica en:



- Clínicos
- Mecánicos
- Electrónicos
- Electro-mecánicos

#### **1.8.4      *Monitoreo vía web***

El monitoreo web es una herramienta que nos permite supervisar acciones mediante el uso de una comunicación web realizado desde cualquier sitio, pero se debe tener un acceso a internet. Hoy en día existen varios campos donde se usa este tipo de aplicación siendo útil, en las industrias o para cualquier persona con necesidad de conocer sobre el funcionamiento de acciones que transcurren sin la necesidad de estar presente.

### **1.9          Marmita**

#### **1.9.1      *Definición***

La marmita se define como una olla de presión, a manera de un recipiente metálico hermético, generalmente tiene como elemento, una tapa atornillada, esta característica permite que la presión interna produzca una cocción del producto con mayor rapidez. (Erazo y Lata, 2012, p. 31)

La marmita es un recipiente cerrado con la característica que, no permite la inserción o expulsión de agentes externos o elementos internos, para que así la elevación de la presión sea la deseada y permita la cocción de productos de manera uniforme.



**Figura 23-1.** Marmita con agitador

**Fuente:** (<http://tecnos.com.co/portfolio/marmita-con-agitador/>)

### **1.9.2**      *Funcionamiento*

Mediante los componentes básicos que tiene una olla que son: un recipiente de metal con tapa en este caso de acero inoxidable, un regulador de presión, válvulas de alivio de presión y un empaque; al cerrar de manera hermética el recipiente, la presión en el interior se incrementa proporcionalmente al aumento de temperatura hasta llegar a un límite de presión que va activar la válvula de alivio expulsando la presión hacia el exterior.

### **1.9.3**      *Tipos de marmita*

Entre las diferentes marmitas tenemos:

- Marmita a vapor: Contiene una cámara de vapor o chaqueta de vapor alrededor del material a calentar, el vapor es suministrado por una caldera. Existen dos tipos que son abierta o cerrada.
  - Abierta: El producto se calienta a presión atmosférica.
  - Cerrada: Además de ser cerrada se emplea a vacío y permite a los materiales llegar a hervirlos a temperaturas menores de las requeridas.
- Marmita a gas: Utilizan un quemador para la transferencia de energía térmica.
- Marmita eléctrica: Estos equipos mediante la alimentación de energía eléctrica producen su propio vapor.

- Marmita de cocción: Es una máquina sólida con elevada calidad, seguridad y potencia calorífica. (Erazo y Lata, 2012, p. 35)

#### **1.9.4      *Componentes de una marmita a vapor con chaqueta abierta***

Los principales componentes de la marmita son:

- Motoreductor: El motor se encuentra directamente acoplado a un reductor permitiendo disminuir la velocidad.
- Recipiente: Es una estructura que nos permite almacenar materiales.
- Agitador: Permite mezclar los materiales contenidos en el recipiente.

#### **1.9.5      *Usos de una marmita a vapor con chaqueta abierta***

Las marmitas a vapor con chaqueta son utilizadas para realizar diferentes procesos en los que se incluya la transferencia de calor de forma indirecta, entre éstos procesos se encuentran, elaboración de arequipe, leche condensada, salsas, además también se pueden realizar procesos de pasteurización lenta y procesos de cocción de alimentos entre otros.

### **1.10      Mezclador**

#### **1.10.1      *Definición***

Un mezclador es definido como un equipo que nos permite realizar la mezcla de varios ingredientes, obteniendo un producto final en un sistema homogéneo. El resultado que se obtiene en un mezclador puede ser una solución o una dispersión de ingredientes, en proporción micro o macroscópica como una emulsión, espuma, etc.

El diseño de un mezclador influye directamente en las propiedades que deseamos obtener en nuestra solución o concentrado, ya que un diseño sin un estudio previo podría provocar retraso en las características necesarias del concentrado, aumentando el tiempo del proceso de fabricación.

### **1.10.2      *Tipos de mezcladores***

Los mezcladores se dividen en:

- Mezclador de cintas: Usa un agitador de cintas helicoidales.
- Mezcladora horizontal de paletas planas: El agitador contiene paletas planas verticales u horizontales.
- Mezcladora de paletas básicas simples: Mediante el uso de paletas mezcla a los elementos en una sola dirección.
- Mezcladora horizontal de paletas tipo ancla: Con el uso de paletas tipo ancla ubicadas a 120 ° cada una permite realizar una mezcla de los elementos. (Sánchez y Valverde, 2013, p.7)

## **1.11      Queso y Crema Solar**

### **1.11.1      *Definición de Queso***

El queso es el producto derivado de la leche sometido a un proceso de cuajado en donde sus propiedades y forma cambian al momento de separar el suero, convirtiéndose en un elemento de consumo semisólido.

### **1.11.2      *Definición de Crema Solar***

La crema es una emulsión como la dispersión, más o menos estable de dos líquidos inmiscibles entre sí. Uno de los líquidos al que se denomina fase dispersa, interna o discontinua, es dispersado en forma de glóbulos en otro que se denomina fase continua, matriz o externa.

## CAPÍTULO II

### 2. MARCO METODOLOGICO

En el laboratorio de procesos industriales de la ESPOCH existen equipos pilotos para la capacitación de estudiantes en el área química, entre los cuales constan reactores utilizados para realizar mezclas homogéneas que nos permiten obtener diferentes concentrados.

Para la obtención de estos concentrados se procedió a realizar un diseño de un sistema automatizado que nos permitió controlar los actuadores mediante la señal de sensores de temperatura. Siendo un autómata lógico programable el que nos permite controlar y administrar los diferentes estados de los equipos mediante una programación que maneja lógica de diagramas, que se basa en el GRAFCET para obtener un LADDER de control.

El obtener una fase de control, e implementar una comunicación para el HMI, permitió que exista un ambiente con una visualización amigable y sencilla para el usuario. A su vez se realizó un monitoreo web basado en el HMI, esto permitió monitorear los datos desde cualquier ubicación en el que se posea un acceso a internet.

El presente trabajo se llevó a cabo mediante la compilación de información primaria y secundaria, así como la implementación física de un panel y de un sistema automatizado en dos equipos de laboratorio. A continuación, se muestra los pasos que se siguieron para el cumplimiento de los objetivos planteados en cada etapa de los procesos:

#### **2.1 Identificación de variables controlables de los procesos de producción con las condiciones iniciales de las máquinas y caracterización de los dispositivos adecuados para la implementación del diseño de automatización de los equipos.**

### 2.1.1 *Condiciones Iniciales de las máquinas*

Al inicio del trabajo, se realizó una valoración de los equipos piloto, de forma cualitativa y cuantitativa, estas valoraciones se realizaron a través de una inspección de las condiciones actuales físicas y funcionales de estas máquinas.

Se utilizó para la inspección de las condiciones de los equipos, una guía de inspección, que se realizó a través de tablas cualitativas y cuantitativas. Siguiendo como procedimiento la identificación de varias características como:

- Identificar condiciones físicas y funcionales de los equipos de trabajo.
- Identificación de problemas no previstos.
- Identificar Acciones inapropiadas al usar el equipo.
- Identificar la cantidad de elementos existentes e implementados en el equipo.

#### 2.1.1.1 *Identificar condiciones físicas y funcionales de los equipos de trabajo*

El momento que se realizó la inspección se identificó de manera presencial y visual las características físicas que poseen las máquinas, dichas características se registraron a través de una tabla cualitativa, la misma que se detalla a continuación:

**Tabla 6-2:** Tabla Cualitativa de Marmita

TABLA CUALITATIVA DE MARMITA PARA QUESO	
Descripción	Condición Física

Realizado por: Erik Zurita y Fabián Fiallos, 2016

**Tabla 7-2:** Tabla Cualitativa de Mezclador

TABLA CUALITATIVA DE MEZCLADOR PARA CREMA SOLAR	
Descripción	Condición Física

Realizado por: Erik Zurita y Fabián Fiallos, 2016

La información antes descrita se la obtuvo de los documentos de titulación (tesis) e informes de prácticas realizadas en las instalaciones del laboratorio. La valoración para las tablas cualitativas de las condiciones físicas de los equipos, se basaron en parámetros que son considerados más importantes al momento de valorar dispositivos, como: condición física, color, limpieza.

De forma similar, la valoración del estado funcional de los equipos se lo llevo a cabo, a través de una valoración, en donde se consideró el encendido o no del equipo, dejando de lado el trabajo correcto o incorrecto del mismo, sin la necesidad de implementar tablas.

#### **2.1.1.2**     *Identificación de problemas no previstos.*

El momento de realizar pruebas piloto, se encontró varios elementos físicos deteriorados, como válvulas en mal estado, tubería no adecuada, cableado en malas condiciones sin normas técnicas para cableado eléctrico, elementos eléctricos implementado sin protecciones. Condiciones que en un conjunto no permitían el trabajo óptimo de los equipos.

#### **2.1.1.3**     *Identificar Acciones inapropiadas al usar el equipo.*

Una forma de reconocer acciones inapropiadas de los equipos fue, realizando pruebas en tiempo real, que dieron a conocer, fugas existentes en partes de la tubería que alimenta de vapor al sistema, fugas de agua en el sistema enfriamiento.

#### **2.1.1.4**     *Identificar la cantidad de elementos existentes e implementados en el equipo.*

La identificación del número de elementos existentes y el número de elementos implementados se lo llevo en un registro a través de tablas cuantitativas, que caracterizan y numeran cada elemento implementado.

**Tabla 8-2:** Tabla Cuantitativa elementos existentes Marmita

TABLA CUANTITATIVA DE ELEMENTOS EXISTENTES			
Elemento	Marca	Modelo	Datos Extras

Realizado por: Erik Zurita y Fabián Fiallos, 2016

**Tabla 9-2:** Tabla Cualitativa elementos existentes Mezclador

TABLA CUANTITATIVA DE ELEMENTOS EXISTENTES			
Elemento	Marca	Modelo	Datos Extras

Realizado por: Erik Zurita y Fabián Fiallos, 2016

**Tabla 10-2:** Tabla Cuantitativa elementos implementados en los equipos

TABLA CUANTITATIVA DE ELEMENTOS IMPLEMENTADOS	
Descripción	Cantidad

Realizado por: Erik Zurita y Fabián Fiallos, 2016

### **2.1.2**      *Identificación de variables controlables y caracterización de dispositivos*

Para cumplir con este objetivo en primer lugar, tomando en cuenta las necesidades y características actuales de los dos equipos piloto, pertenecientes al laboratorio de procesos industriales de la Facultad de Ciencias, se consideró como regla de diseño, los pasos para automatizar un proceso.

#### **2.1.2.1**      *Conocer el Proceso*

La recreación del proceso de producción de queso y crema solar con todas sus etapas, permitieron identificar las correspondientes variables controlables que gobiernan en los procesos. Debido a la constitución física de los equipos, las variables que se consideraron, que intervienen en todo el proceso de forma directa, son la temperatura en el sistema de enfriamiento, antes controlado con un termómetro de laboratorio y la velocidad de giro del motor al cual se encuentran acopladas unas liras para el mezclado.



### 2.1.2.2 Caracterizar los Elementos

Se utilizó la información obtenida en los trabajos de titulación de los equipos, como tipo de máquina, medidas de construcción, características de materiales, y variables controlables que forman parte de los procesos, lo que permitió desarrollar una tabla comparativa de dispositivos aptos para la implementación del control de temperatura que cumplan con las necesidades requeridas, los parámetros fueron:

**Tabla 11-2:** Tabla comparativa de sensores

TABLA COMPARATIVA DE SENSORES DE TEMPERATURA						
Nombre	Tipo	N° De Hilos	Temperatura Máxima	Long Del Bulbo	Voltaje	Precio

Realizado por: Erik Zurita y Fabián Fiallos, 2016

Debido al modo de apertura manual con válvulas de agua que tenían los equipos para el ingreso de vapor y salida de agua. Como segundo dispositivo de caracterización de la etapa de enfriamiento se consideró, la implementación de electroválvulas de vapor y agua, a través de tablas comparativas como la siguiente.

**Tabla 12-2:** Tabla Comparativa Electroválvulas de Vapor

TABLA COMPARATIVA ELECTROVÁLVULAS DE VAPOR					
Nombre	Medida	Material	Temperatura Máxima	Voltaje	Precio

Realizado por: Erik Zurita y Fabián Fiallos, 2016

**Tabla 13-2:** Tabla Comparativa Electroválvulas de Agua

TABLA COMPARATIVA ELECTROVÁLVULAS DE AGUA					
Nombre	Medida	Material	Temperatura Máxima	Voltaje	Precio

Realizado por: Erik Zurita y Fabián Fiallos, 2016

Estas tablas fueron base de datos que permitieron la elección idónea de dispositivos con su respectiva comparación tomando en cuenta los parámetros esenciales especificados en cada tabla.

Para las protecciones necesarias, fueron dimensionadas con un cálculo de la corriente total de todos los elementos a usarse, principalmente los motores cuya potencia determina el valor de la corriente que deberán resistir las protecciones o automáticos.

La guía que se siguió, con las normas de obligado cumplimiento para el cableado, botonería de control y señalización de los circuitos de potencia y control, de este trabajo, están detalladas en las páginas de las normas representación de esquemas eléctricos.

Se utilizó el mismo criterio del cálculo de las protecciones, para el cálculo de los conductores, los cuales fueron escogidos de acuerdo a la siguiente tabla de corrientes que resisten los conductores, del catálogo normas.

Finalmente, con la caracterización de todos los elementos antes citados se pudo decidir de forma definitiva por un controlador autómatas (PLC) TWIDO TWDLCAA24DRF, que se acopla a las necesidades requeridas y posee las características suficientes para controlar a los elementos que se implementaron en los sistemas, el cual fue seleccionado mediante una tabla comparativa de datos generales y especificaciones técnicas de PLC's.

**Tabla 14-2:** Tabla Comparativa entre Tipos de PLC

<b>Tabla Comparativa entre tipos de PLC</b>			
<b>Compactos</b>		<b>Modulares</b>	
<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>	<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
<b>Precio Aproximado</b>		<b>Precio Aproximado</b>	

Realizado por: Erik Zurita y Fabián Fiallos, 2016

**Tabla 15-2:** Tabla comparativa de PLC

<b>Tabla Comparativa De Controladores Lógicos Programables (PLC)</b>								
<b>Marca</b>	<b>Tipo</b>	<b>Numero De E/S</b>	<b>Número De Entradas</b>	<b>Voltaje de Entrada</b>	<b>Tipo de Voltaje de Entrada</b>	<b>Rango de Voltaje de Alimentación</b>	<b>Número de Módulos de Expansión</b>	<b>Precio</b>

Realizado por: Erik Zurita y Fabián Fiallos, 2016

Las características de alimentación de este autómatas, determinaron que la fuente interna del dispositivo provee hasta una alimentación de 24V, lo que permitió dimensionar los dispositivos de control, como relés que manejan a las electroválvulas de entrada y salida del sistema de refrigeración.

### **2.1.2.3      *Identificar Entradas y Salidas***

La información descrita anteriormente estableció el número de dispositivos de entrada y salida que se usaron en la implementación del sistema automatizado, al mismo tiempo que determinaron el número de entradas y salidas analógicas y digitales necesarias para el PLC. Se usó estos datos para notar, la necesidad de un módulo de expansión de entradas analógicas para la lectura de la señal en voltaje de los sensores de temperatura (PT100).

### **2.1.3          *Implementación del diseño de automatización***

El enfoque concreto del problema es esta, la automatización en estos equipos, para lo cual se diseñó un marco metodológico que los futuros ingenieros, realizamos en fases:

- Fase de Automatización: en esta fase primordial se realizó un desarrollo por pasos relacionados con el GRAFCET (Grafo de Estados y transiciones) y la puesta en marcha de los automatismos, comenzando con la determinación de los procesos a controlar y la generación del GRAFCET funcional de los sistemas, seguido de la selección del autómata (PLC), el cableado físico y la alimentación de sensores y actuadores, con los módulos adicionales de entradas y salidas, complementos para el autómata.
- Fase de Control: esta fase se la desarrolló de manera similar que la fase de automatización, por pasos, los cuales fueron: reunir un número aproximado de los estados posibles en los que se pueden encontrar los equipos o los procesos. Se definió las normas a utilizar según la complejidad del problema, como los modos de paro y marcha, seguridad de los equipos y los operarios, el tipo de elementos para el producto de elaboración. En el caso del modo de paro y marcha, el GRAFCET diseñado controla la activación y desactivación de los elementos de la etapa de producción, que se presentan de forma secuencial y periódica. En esta fase de control el usuario de los equipos realiza una supervisión del desarrollo del proceso controlado de forma automática.
- Fase de Interacción: debido a las características del sistema de automatización y de los equipos, se diseñó un panel de control o de mando, que realiza la función de interaccionar al o los operarios con los procesos, para facilitar la supervisión de las acciones físicas de los dispositivos implementados (sensores de temperatura, electroválvulas, etc.,) a través de las señales preventivas e informativas lumínicas y acústicas.

- Fase de Implementación: es la fase más importante y practica del trabajo, debido a que aquí se puso en práctica todos los conocimientos adquiridos en el transcurso de toda la carrera, para lo cual se lo realizo por pasos como la selección del autómeta con el lenguaje de programación, la traducción del GRAFCET al lenguaje de programación, etc.
- Fase de Pruebas: Una vez que se implementó el algoritmo en el autómeta se verifico de forma ordenada y lógica el funcionamiento y el control de cada uno de los elementos implementados en los sistemas. Probando que el funcionamiento de cada elemento sea el adecuado de acuerdo a las necesidades y características que se estableció.

## **2.2      Diseño de un circuito eléctrico controlador con el uso de un PLC montado en un panel de control y acondicionamiento de una interfaz hombre-máquina (HMI) para el ingreso de instrucciones y devolución de resultados en la marmita para queso y el mezclador para crema solar.**

Las características de los sistemas en funcionamiento dieron a conocer las necesidades y los puntos vulnerables, en los cuales existió la posibilidad de optar por un sistema de automatización.

Como lo fue en la etapa de enfriamiento, dicho proceso que se lo realizaba de manera manual, con una demanda de recursos humanos elevada, de al menos tres personas presentes, una de las cuales era encargada de la medición de la variación del calor con métodos tradicionales, de esta forma se implementó un diseño en el cual, exista dispositivos que midan la temperatura, desplazando el uso de un termómetro de laboratorio, implementando como ejemplo, un sensor de temperatura del tipo PT100, que se adecuo para los rangos de temperatura que pueden llegar las máquinas.

### **2.2.1      *Diseño del circuito eléctrico con el uso de un PLC***

Se utilizó un módulo de expansión de entradas analógicas TM2AMI4LT, compatible con el PLC Telemecanique, para el acondicionamiento de las señales analógicas de los sensores PT100, y el uso de estas señales facilito la configuración y el control del sistema de enfriamiento.

Las características de los elementos, que se implementaron, determinaron el tipo de fuente de alimentación necesaria, debido a que todos los dispositivos de tipo industrial trabajan a 24V, esta característica determino de forma obligatoria, que la fuente de alimentación del circuito eléctrico de control sea de 24V.

La demanda de potencia de cada uno de los dispositivos y elementos implementados, como electroválvulas, relés y sensores de temperatura, en conjunto determinaron el valor del amperaje que debía ser la fuente, concluyendo que la demanda debía cumplir con un mínimo de 4 amperios.

Se usó un módulo de expansión de entradas y salidas digitales, debido a que el diseño del sistema, demandó un número de salidas digitales mayor al número de salidas que tiene el PLC como características de fábrica. Para el control bit a bit del PLC con el sistema de variación de frecuencia de los motores.

### **2.2.2      *Implementación de un panel de control***

Una vez ya diseñado y caracterizado todos los elementos, se construyó un panel de control general para los dos equipos, dicho panel fue construido, con normas, especificaciones ergonómicas y características industriales, las cuales se combinaron a la par con el criterio de diseño propio. Se decidió construirlo por secciones:

- *Sección de Botonería:* esta sección se construyó en la parte frontal del panel general de control (tapa), conformada por dos pulsadores, uno de color verde del tipo Normalmente Abierto (NO) para el inicio del funcionamiento del equipo, uno rojo del tipo Normalmente Cerrado (NC) para el paro general y reseteo de los procesos de los equipos , adicional a esto se incluyó un pulsador tipo hongo de color rojo del tipo Normalmente Cerrado (NC) el cual tiene como función un paro de emergencia provisional del proceso de producción. Se decidió que sería ideal y adecuado que para el control del sentido de giro de los motores se incluya un elemento que controle esta función, para lo cual fue perfecto e idóneo un seleccionador de 2 posiciones. Cada posición determinaría el sentido de giro, izquierda o derecha.
- *Sección de Señalización:* para facilidad de uso y entendimiento para los usuarios de las máquinas, tanto profesores, estudiantes y encargados de laboratorio, se construyó esta

sección con indicadores visuales del tipo lumínico, conformado por dos luces piloto, una de color rojo y una de color verde, señalizado el estado actual de las máquinas. Adicional a esto se diseñó y se asignó etiquetas con la función que desempeña cada elemento del panel frontal, tanto botones, luces piloto, instrucción y el nombre de las máquinas.

- *Sección de Control:* en esta sección se colocó, en conjunto con la botonería y las señalizaciones, los elementos que controlan de forma directa a los actuadores y a las etapas del proceso de producción. Conformado por el autómata (PLC), con los módulos de expansión, de entradas-salidas digitales y entradas analógicas, y un módulo de comunicación Ethernet, seguido de relés de control de las electroválvulas de vapor y agua, una fuente de alimentación de 24V a 4A y variadores de frecuencia que controlan el sentido de giro y velocidad de los motores.
- *Sección de Potencia:* esta sección se diseñó con el fin de mantener un nivel de seguridad entre los circuitos de control y de potencia, manteniendo separadas las alimentaciones los elementos que trabajan con corriente alterna de los elementos que se alimentan con corriente continua, entre estos los variadores de frecuencia de cada motor, la protección del cable a través de un breaker de 15A, dos contactores con protecciones térmicas para el control eléctrico de cada motor.
- *Sección de Comunicación:* la interrelación entre los elementos digitales que forman parte del panel de control, fue una comunicación bit a bit, y esta comunicación se basó en el lenguaje de contactos, que permitió controlar etapas diseñadas en diagramas GRAFCET; se utilizó también una comunicación entre PLC y módulos de expansión del tipo MODBUS, para la lectura de las señales analógicas emitidas por los sensores de temperatura, el módulo de comunicación de interfaz Ethernet y el PLC se desarrolló con un sistema de comunicación MODBUS, la comunicación PLC-PC/Usuario fue implementada mediante una comunicación MODBUS TCP/IP

### **2.2.3      *Acondicionamiento de una Interfaz hombre-máquina (HMI)***

Para llevar a cabo esta parte del objetivo, en primer lugar, se crearon un conjunto de variables, mediante el uso de un servidor llamado “NI OPC SERVER”, que en este trabajo es complemento del software usado para realizar el HMI, permitiendo enlazar el controlador lógico programable (PLC) con un panel virtual diseñado y programado en Labview, considerando las necesidades y

características de los sistemas. En donde dicha programación, fue ideal realizarla por etapas, las mismas que están detalladas de la siguiente manera:

- Etapa de Control
- Etapa de Monitoreo Visual

#### **2.2.3.1**     *Etapa de control*

Aquí, es en donde se diseñó y programó un panel de botones semejante al panel físico implementado en los equipos, con características y funciones similares.

#### **2.2.3.2**     *Etapa de Monitoreo Visual*

Para la etapa del monitoreo visual se diseñó, a través de un software (LabVIEW) un sistema de pantallas en las cuales se detalla de forma visual, amigable y sencilla, el ingreso de instrucciones y variables, así como la devolución de la respuesta de los actuadores y como la lectura del sensor de temperatura

#### **2.2.4**        *Ingreso de instrucciones y devolución de resultados*

Una forma de interactuar con el o los usuarios, es la opción de permitir el ingreso de instrucciones y necesidades en el control de un proceso, debido a ello, se programó secciones en las diferentes pantallas diseñadas en el HMI, secciones que fueron divididas en:

- *Sección de Ingreso de instrucciones o datos:* es aquí, en donde el ingreso de datos para la lectura de rangos de temperatura, tiempos de trabajo del proceso, son digitadas de forma numérica por el usuario.
- *Sección de Devolución de resultados:* es aquí, en donde la devolución de la lectura de temperatura del sensor implementado se muestra en forma numérica, el registro de temperaturas es expuesto a través de una tabla de registros, y el funcionamiento de los elementos de control de ingreso y salida de agua y vapor es ilustrado de forma gráfica y animada.

### **2.3      Enlace de un sistema de control implementado mediante comunicación vía web, para monitorizar los procesos de producción en una red interna, conjuntamente con la generación y envío de una tabla de registros a través de un correo electrónico.**

#### **2.3.1      *Enlace del sistema de control mediante comunicación web, monitoreo de procesos en una red interna, generación y envío de registros a través de un correo electrónico***

##### **2.3.1.1      *Enlace del sistema de control vía comunicación web***

En el sistema de control para el enlace de los equipos y su comunicación vía web se usó, un protocolo para transferencia simple de correo, conocido como SMTP, protocolo que permitió ingresar a un servidor de este mismo tipo; para ingresar a un servidor de tipo SMTP, se ingresó datos de autenticación de usuario, utilizando un puerto exclusivo para este tipo de protocolo para hacer uso del servicio del servidor.

##### **2.3.1.2      *Monitoreo de procesos en una red interna***

El sistema de monitoreo de procesos en la red interna del laboratorio de procesos industriales, se la realizó con el uso de un Router, que hace la función de un repetidor de señal, permitiendo enlazar a la red existente en el laboratorio, con el módulo de comunicación ethernet integrado al controlador lógico programable (PLC) del panel de mando.

El monitoreo se lo realizó a través de un complemento de LabVIEW (Web Publishing Server), que nos permite la comunicación de varios hosts u ordenadores. Este complemento crea un archivo en el host principal que está configurado como servidor con codificación HTML, permitiendo a otros dispositivos acceder al archivo para visualizar el proyecto creado en LabVIEW mediante un navegador web.

##### **2.3.1.3      *Generación y envío de registros a través de un correo electrónico***

Con la lectura de sensores se realizó, un registro de temperaturas máximas y mínimas; ingresadas por el usuario, y la lectura del monitoreo del sensor implementado, así como el registro en columnas de hora y fecha detallada, a través del almacenamiento en tablas. Registro que se generó de forma automática y de forma periódica; siendo exportado a un archivo de Excel.



## CAPÍTULO III

### 3. RESULTADOS

Los resultados presentados en este trabajo generaron un avance en el desarrollo del laboratorio de procesos industriales de la ESPOCH, automatizando los equipos pilotos usados para la capacitación de estudiantes en el área química, dicho proceso de automatización mejoro notablemente y facilito la tarea de realizar mezclas homogéneas que permiten obtener diferentes productos, como el queso y la crema solar, obtenidos en las pruebas de validación

Se obtuvo productos de consumo y uso humano, al realizar e implementar el diseño del sistema automatizado, consiguiendo controlar de forma ideal las electroválvulas de vapor y agua mediante la señal de temperatura emitida por los PT100. Se consiguió que el PLC controle y administre los diferentes estados de los equipos, y las etapas que intervienen en la elaboración de productos, a través de la programación manejada con diagramas GRAFCET funcionales obteniendo el correspondiente LADDER de control. (ver **figura 27-3**, **figura 28-3**).

Se logró obtener una fase de control, la implementación y la comunicación para el HMI, consiguiendo de forma exitosa la existencia de un ambiente amigable y sencillo para los operarios o practicantes. El monitoreo web basado en el HMI, permitió monitorear los datos desde cualquier ubicación en el laboratorio de Ciencias, fortaleciendo el objetivo de la seguridad industrial.

La implementación física del panel y el sistema de automatización en los dos equipos del laboratorio, arrojaron como resultados tablas comparativas entre otros detalles que permitieron determinar porcentajes de mejora de los equipos, a continuación, se muestra los resultados obtenidos en los pasos que se siguieron para el cumplimiento de los objetivos planteados en cada etapa de los procesos:

#### **3.1 Identificación de las variables controlables de los procesos con las condiciones iniciales de las máquinas y caracterizar los dispositivos adecuados para la implementación del diseño de automatización de cada equipo.**

### 3.1.1 *Condiciones Actuales de las máquinas*

Se realizó una valoración de los equipos piloto, de forma cualitativa y cuantitativa, estas valoraciones se realizaron con la inspección individual de cada máquina, considerando las condiciones físicas y funcionales iniciales. (ver **tabla 16-3**, **tabla 17-3**).

La guía de inspección de las condiciones de los equipos, se desarrolló a través de tablas cualitativas y cuantitativas. La identificación de las características de los equipos, fue una parte del método que se siguió como procedimiento:

#### 3.1.1.1 *Identificación de las condiciones físicas y funcionales de los equipos de trabajo*

Se realizó la inspección de cada equipo y se identificó de manera presencial y visual las características físicas que poseen, características que se registraron a través de tablas cualitativas, la mismas que se detallan a continuación:

**Tabla 16-3:** Tabla Cualitativa Marmita

<b>TABLA CUALITATIVA DE MARMITA PARA QUESO</b>	
<b>Descripción</b>	<b>Condición Física</b>
Estructura de acero inoxidable	BUENA
Variador de frecuencia	REGULAR
Contactor	BUENO
Motor de inducción	REGULAR
Panel de control	REGULAR

**Realizado por:** Erik Zurita y Fabián Fiallos, 2016

Como se puede apreciar en la **tabla 16-3**, las condiciones iniciales de la marmita para la elaboración de queso, tiene valoraciones buenas de uso, condiciones que se consiguieron mejorar con la implementación de la automatización.

**Tabla 17-3:** Tabla Cualitativa Mezclador

TABLA CUALITATIVA DE MEZCLADOR PARA CREMA SOLAR	
Descripción	Condición Física
Estructura de acero inoxidable	BUENA
Variador de frecuencia	BUENA
Motor de inducción	REGULAR
Panel de control	REGULAR

**Realizado por:** Erik Zurita y Fabián Fiallos, 2016

Como se observa en la **tabla 17-3**, las condiciones iniciales del mezclador para la obtención de crema solar, tiene valoraciones regulares de uso, condiciones que se consiguieron mejorar con la implementación de la automatización.

Se consideraron los parámetros de condición física, color y limpieza de los equipos; para la elaboración de las tablas cualitativas, obteniendo como resultado condiciones físicas de valoraron buena para la marmita y regular para el mezclador.

De forma similar, la valoración del estado funcional de los equipos se lo llevo a cabo, a través de una valoración, en donde se consideró el encendido o no del equipo, obteniendo como resultado el funcionamiento de todos los elementos implementados de forma inicial.

### **3.1.1.2**     *Identificación de problemas no previstos.*

Se realizó pruebas piloto, en donde se encontró varios elementos físicos deteriorados, para lo cual se implementó electroválvulas de vapor y agua, cambio de tuberías, mejora en el cableado con normas técnicas para cableado eléctrico, protecciones. Ahora se puede apreciar que las condiciones físicas mejoraron notablemente, obteniendo como resultado el trabajo óptimo de los equipos (ver **figura 24-3**).



**Figura 24-3.** Condiciones Actuales de los equipos con el sistema de Automatización  
**Realizado por:** Erik Zurita y Fabián Fiallos, 2016

#### **3.1.1.3**     *Identificación de Acciones inapropiadas al usar el equipo.*

Se realizaron pruebas en tiempo real, que dieron a conocer, fugas existentes en partes de la tubería que alimenta de vapor al sistema, fugas de agua en el sistema enfriamiento, lo cual se corrigió con cambios en la tubería con su respectiva protección anti-fugas, consiguiendo minimizar la pérdida de presión y vapor del caldero.

#### **3.1.1.4**     *Identificación de la cantidad de elementos existentes e implementados en el equipo.*

La identificación del número de elementos existentes y el número de elementos implementados se realizó con un registro a través de tablas cuantitativas, que caracterizan y numeran cada elemento implementado.

**Tabla 18-3:** Tabla Cuantitativa, elementos existentes Marmita

TABLA CUANTITATIVA DE ELEMENTOS EXISTENTES				
Cantidad	Elemento	Marca	Modelo	Datos Extras
1	Variador de frecuencia	DELTA	RS-485	0,75W 230V 1 Ø
1	Contactor	METASOL	MC-186	
1	Protector Térmico	METAL MEC	CTK-22	
1	Selector			2 posiciones
1	Motoreductor	VOGES	B63B4/EQ	0,25kW IP 55 3Ø
1	Manómetro	WINTERS		30 psi
1	Estructura de acero inoxidable			
1	Panel			

Realizado por: Erik Zurita y Fabián Fiallos, 2016

**Tabla 19-3:** Tabla Cualitativa, elementos existentes Mezclador

TABLA CUANTITATIVA DE ELEMENTOS IMPLEMENTADOS				
Cantidad	Elemento	Marca	Modelo	Datos Extras
1	Variador de frecuencia	HAPN	HPVFE	
1	Motor	LAFERT	AM71ZBA4	
1	Estructura de acero inoxidable			
1	Panel			

Realizado por: Erik Zurita y Fabián Fiallos, 2016

Como se aprecia en la **tabla 18-3** y la **tabla 19-3**, con los elementos existentes en los equipos, se determinó la forma y el tipo de dispositivos complementarios e ideales, necesarios para el sistema de automatización, obteniendo como resultado lo siguientes elementos detallados en la **tabla 20-3**.

**Tabla 20-3:** Tabla Cuantitativa elementos implementados en los equipos

<b>TABLA CUANTITATIVA DE ELEMENTOS IMPLEMENTADOS</b>			
<b>Descripción</b>	<b>Marca</b>	<b>Modelo</b>	<b>Cantidad</b>
PLC	TELEMECANIQUE	TWDLCAA24DRF	1
Módulo de expansión de entradas y salidas	TELEMECANIQUE	TWDDMM8DRT	1
Modulo ethernet	TELEMECANIQUE	499TWD01100	1
Relé			6
Base para relé			6
Breaker 3 líneas			1
Variador de frecuencia	HAPN	HPVFE	1
Variador de frecuencia	DELTA	VFD-L	1
Contactador	METASOL	MC-186	1
Protector térmico	METAL MEC	CTK-22	1
Luz piloto roja			2
Luz piloto verde			2
Pulsador rojo NC			2
Pulsador verde no			2
Selector 2 posiciones			2
Pulsador tipo hongo			2
Electroválvula de vapor ½	MIT-UNID-CNS	US-15	1
Electroválvula de vapor ¾	MIT-UNID-CNS	US-20	3
Sensor pt100 4"	EBCHQ	REF:56432 / CLASE B CON T/C	2
Electroválvula de agua ¾	JAGO ELECTRICAL GROUP	2L123-20	2
Motoreductor	VOGES		1
Motoreductor	LAFERT	AM71ZBA4	1
Estructura de acero inoxidable			2
Panel			1
Manómetro	WINTERS		1

Realizado por: Erik Zurita y Fabián Fiallos, 2016

### 3.1.2 *Identificación de variables controlables y caracterización de dispositivos*

Se cumplió con este objetivo, tomando en cuenta las necesidades y características iniciales de los dos equipos piloto, pertenecientes al laboratorio de procesos industriales, se rigió la implementación del sistema a los pasos para automatizar un proceso, detallados a continuación.

### 3.1.2.1 Conocer el Proceso

Se recreó los procesos de producción de queso y crema solar con todas sus etapas a través de las validaciones necesarias de cada equipo, se identificó las variables controlables que gobiernan en los procesos obteniendo como resultado la variable temperatura, velocidad de giro de los motores y el tiempo de trabajo de los procesos.

Debido a la constitución física de los equipos, se consideró que estas variables (temperatura, velocidad y tiempo), intervienen en todo el proceso de forma directa, la temperatura en el sistema de enfriamiento y todo el proceso de mezclado fue controlada y monitoreada, la velocidad de giro del motor para que la mezcla del concentrado sea homogénea fue administrada y el tiempo de trabajo se optimizó y se redujo de forma significativa.

### 3.1.2.2 Caracterización de Elementos

Se utilizó la información obtenida en los trabajos de titulación de los equipos, como tipo de máquina, medidas de construcción, características de materiales, y variables controlables que forman parte de los procesos, y las **tablas 18-3 y 19-3**, las que permitieron desarrollar una tabla comparativa de dispositivos aptos para la implementación del control de temperatura (ver **tabla 21-3**).

**Tabla 21-3:** Tabla Comparativa del Sensores de Temperatura

TABLA COMPARATIVA DE SENSORES DE TEMPERATURA						
Nombre	Tipo	N° de Hilos	Temperatura Máxima	Long del Bulbo	Voltaje	Precio
PT100	-	3	260 °C	4 PULGADAS	24 VDC	150,53
PT1000	-	4	600 °C	4 PULGADAS	24 VDC	180,82
TERMOCUPLA	J	2	1200 °C	2 PULGADAS	24 VDC	157,84
TERMOCUPLA	K	2	1372 °C	2 PULGADAS	24 VDC	162,53
TERMOCUPLA	N	2	1300 °C	2 PULGADAS	24 VDC	159,37

Realizado por: Erik Zurita y Fabián Fiallos, 2016

Si bien la comparación de sensores en la **tabla 21-3**, permite apreciar la selección de un sensor del tipo PT100 cuyos valores de trabajo son ideales y apegados a los requerimientos del sistema, el cual no trabaja más allá de 100 °C. Este resultado se obtuvo considerando evitar el

sobredimensionamiento de dispositivos, además de tomar en cuenta las necesidades de la implementación, características del sensor y los recursos económicos existentes.

Como se observa en la **tabla 22-3** y la **tabla 23-3**, se pudo caracterizar las electroválvulas tanto de vapor como de agua respectivamente, considerando que el voltaje de alimentación existente en el laboratorio es de 110 VAC, para la selección de las electroválvulas no se consideró importante la temperatura máxima de trabajo ya que todos los elementos comparados poseen la misma característica, 185°C de trabajo, obteniendo como resultado dos electroválvulas de vapor, material de bronce a 185°C, con alimentación de 110V, una con medida de ¾ y una de ½ pulgada.

**Tabla 22-3:** Tabla Comparativa Electroválvulas de Vapor

<b>TABLA COMPARATIVA ELECTROVÁLVULAS DE VAPOR</b>					
<b>Nombre</b>	<b>Medida</b>	<b>Material</b>	<b>Temperatura Máxima</b>	<b>Voltaje</b>	<b>Precio</b>
Electroválvula Vapor	¾	Bronce	185 °C	110 VAC	126,09
Electroválvula Vapor	¾	Bronce	185 °C	220 VAC	172,10
Electroválvula Vapor	½	Bronce	185 °C	110 VAC	158,68
Electroválvula Vapor	½	Bronce	185 °C	220VAC	139,64
Electroválvula Vapor	¾	Acero Inoxidable	185 °C	110 VAC	310,90
Electroválvula Vapor	¾	Acero Inoxidable	185 °C	220 VAC	310,90
Electroválvula Vapor	½	Acero Inoxidable	183 °C	110 VAC	211,46
Electroválvula Vapor	½	Acero Inoxidable	185 °C	220VAC	317,20

**Realizado por:** Erik Zurita y Fabián Fiallos, 2016

Se seleccionó la electroválvula de agua, considerando el mismo criterio que se usó, para la selección del solenoide de vapor, obteniendo como resultado dos electroválvulas de agua, material de bronce a 60°C, con alimentación de 110V, una con medida de ¾ y una de ½ pulgada (ver **tabla 23-3**).



**Tabla 23-3:** Tabla Comparativa Electroválvulas de Agua

TABLA COMPARATIVA ELECTROVALVULAS DE AGUA					
Nombre	Medida	Material	Temperatura Máxima	Voltaje	Precio
Electroválvula Agua	¾	Bronce	60 °C	24 VAC	451,81
Electroválvula Agua	¾	Bronce	80 °C	110 VAC	290,00
Electroválvula Agua	¾	Bronce	80 °C	220 VAC	303,46
Electroválvula Agua	½	Bronce	60 °C	24 VAC	240,20
Electroválvula Agua	½	Bronce	80 °C	110 VAC	288,93
Electroválvula Agua	½	Bronce	80 °C	220VAC	288,93
Electroválvula Agua	¾	Acero Inoxidable	80 °C	110 VAC	331,13
Electroválvula Agua	¾	Acero Inoxidable	80 °C	220 VAC	331,13
Electroválvula Agua	½	Acero Inoxidable	80 °C	110 VAC	304,28
Electroválvula Agua	½	Acero Inoxidable	80 °C	220VAC	304,28

**Realizado por:** Erik Zurita y Fabián Fiallos,2016

Entonces como segundo dispositivo de caracterización de la etapa de enfriamiento fueron las electroválvulas, que se seleccionaron previamente a través de tablas comparativas (ver **tabla 22-3** y **tabla 23-3**), que después se instalaron; esto se obtuvo como resultado debido a la configuración e instalación física inicial, en donde el modo de apertura manual se lo reemplazo con las electroválvulas caracterizadas para el ingreso de vapor y salida de agua.

Las protecciones necesarias, se dimensionaron con el cálculo de la corriente total de todos los elementos a usarse, principalmente los motores, dicha potencia se tomó de la placa de características de cada motor.



**Figura 25-3.** Placa de características de motor, Marmita

**Realizado por:** Erik Zurita y Fabián Fiallos,2016



**Figura 26-3.** Placa de características de motor, Mezclador  
Realizado por: Erik Zurita y Fabián Fiallos, 2016

Como se aprecia en la **figura 25-3** y **figura 26-3**, que es la placa de características del motor, se tomó como dato que la potencia de trabajo de cada motor, se obtuvo como resultado que la protección necesaria sea una breaker de 15A, según el **anexo 12**, debido a las condiciones de los sistemas y a la alimentación del laboratorio.

Se siguió con la guía de normas de obligado cumplimiento para el cableado, botonería de control y señalización de los circuitos de potencia y control, de este trabajo, se detallada en las páginas de las normas representación de esquemas eléctricos. (ver **tabla 2-1**, **tabla 3-1**)

Se utilizó el catálogo de normas para el dimensionamiento de las protecciones, para el cálculo de los conductores, los cuales fueron escogidos de acuerdo tabla de corrientes que resisten los conductores (ver **anexo 11**)

Con la caracterización de todos los elementos antes citados se decidió de forma definitiva por un controlador autómatas (PLC) TWIDO TWDLCAA24DRF, que se acopla a las necesidades requeridas y posee las características para controlar a los elementos que se han venido dimensionando (ver **tabla 21-2**, **tabla 22-3**, **tabla 22-3**), el cual fue seleccionado mediante una tabla comparativa de datos generales y especificaciones técnicas de PLC's (ver **tabla 24-3**).

**Tabla 24-3:** Tabla Comparativa entre Tipos de PLC

Tabla Comparativa entre tipos de PLC			
Compactos		Modulares	
Ventajas	Desventajas	Ventajas	Desventajas
Más económicos dentro de su variedad		Transferencia y modificación de programas	Más costoso que los del tipo modular
Programación sencilla		Verificación de programación	Programación más compleja y completa
Menor espacio por su constitución		Monitoreo del funcionamiento de los procesos	De mayor volumen por su constitución física
Instalación Sencilla		Posee diagrama de bloques, escalera y GRAFCET	Instalación completa y compleja
Conocimientos básicos para su selección	Cantidad de Módulos de expansión, limitados	Cantidad de Módulos de expansión, más amplia	Conocimientos medios para su selección
Soporta condiciones extremas de funcionamiento	En caso de avería, no puede aislarse el problema, forzando el paro del funcionamiento del proceso	En caso de avería, puede aislarse el problema, cambiando el módulo averiado sin afectar el funcionamiento del resto	
Menor mantenimiento			Alto grado de mantenimiento
Precio Aproximado		Precio Aproximado	
\$250		\$377	

**Realizado por:** Erik Zurita y Fabián Fiallos, 2016

Como se observa en la **tabla 24-3**, con la comparación entre PLC compactos y modulares, se obtuvo como resultado la decisión de optar por un PLC del tipo compacto, debido a que sus ventajas, contribuyeron de forma positiva al desarrollo del sistema automatizado (ver **tabla 25-3**).

**Tabla 25-3:** Tabla comparativa de PLC

<b>Tabla Comparativa De Controladores Lógicos Programables (PLC)</b>									
<b>Marca</b>	<b>Modelo</b>	<b>Tipo</b>	<b>Número De E/S</b>	<b>Número De Entradas</b>	<b>Voltaje de Entrada</b>	<b>Tipo de Voltaje de Entrada</b>	<b>Rango de Voltaje de Alimentación</b>	<b>Número de Módulos de Expansión</b>	<b>Precio</b>
Siemens	S7-200 CPU 224	Compacto	14/10	14	24	VDC	5-30 VDC	7	447
Easy	Easy700	Compacto	12/8	12	24	VDC	20-30 VDC	7	495.72
Schneider Electric	TWDLCAA24 DRF	Compacto	14/10	14	100	VAC	100-240 VAC	4	300
Panasonic	FPX-C30T	Compacto	14/16	14	100	VAC	100-240 VAC	9	350

**Realizado por:** Erik Zurita y Fabián Fiallos, 2016

Si bien los datos que muestra la **tabla 25-3**, se puede apreciar que se obtuvo como resultado, la decisión de utilizar un PLC TWIDO TWDLCAA24DRF, debido a las características que posee, el número de entradas, el voltaje de alimentación, el número de módulos de expansión y el precio.

Con las características de alimentación de este autómata, se determinó que la fuente interna del dispositivo provee hasta una alimentación de 24V, con este dato se dimensiono los dispositivos de control, como los relés que manejan a las electroválvulas de entrada y salida del sistema de refrigeración y calentado, obteniendo como resultado un sistema estable y seguro.

### **Identificar Entradas y Salidas**

Se estableció el número de dispositivos de entrada y salida que se usaron en la implementación del sistema automatizado, al mismo tiempo se determinaron el número de entradas y salidas analógicas y digitales necesarias para el PLC. Se usó estos datos para utilizar un módulo de

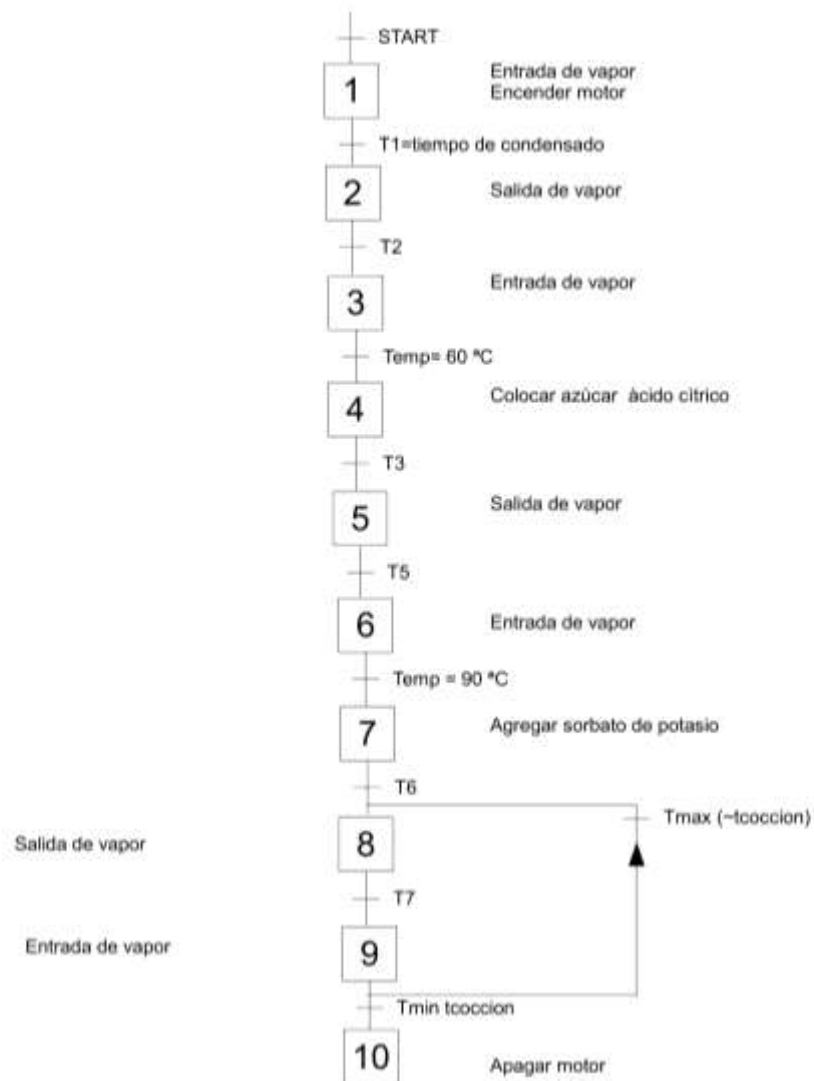
expansión de entradas analógicas para la lectura de la señal en voltaje de los sensores de temperatura (PT100), obteniendo como resultado que el dispositivo ideal, fue el módulo de expansión TM2AMI4LT (ver **anexo 3**).

### **3.1.3      *Implementación del diseño de automatización***

Se diseñó un marco metodológico, que se realizó en fases, obteniendo como resultados en cada fase lo siguiente:

- Fase de Automatización: se realizó un desarrollo por pasos, relacionados con el GRAFCET y la puesta en marcha de los automatismos, se comenzó con la determinación de los procesos a controlar con el planteamiento de un GRAFCET de diseño de las máquinas (ver **tabla 25-3** y **tabla 26-3**) y la generación del GRAFCET funcional de los sistemas (ver **tabla 27-3** y **tabla 28-3**).

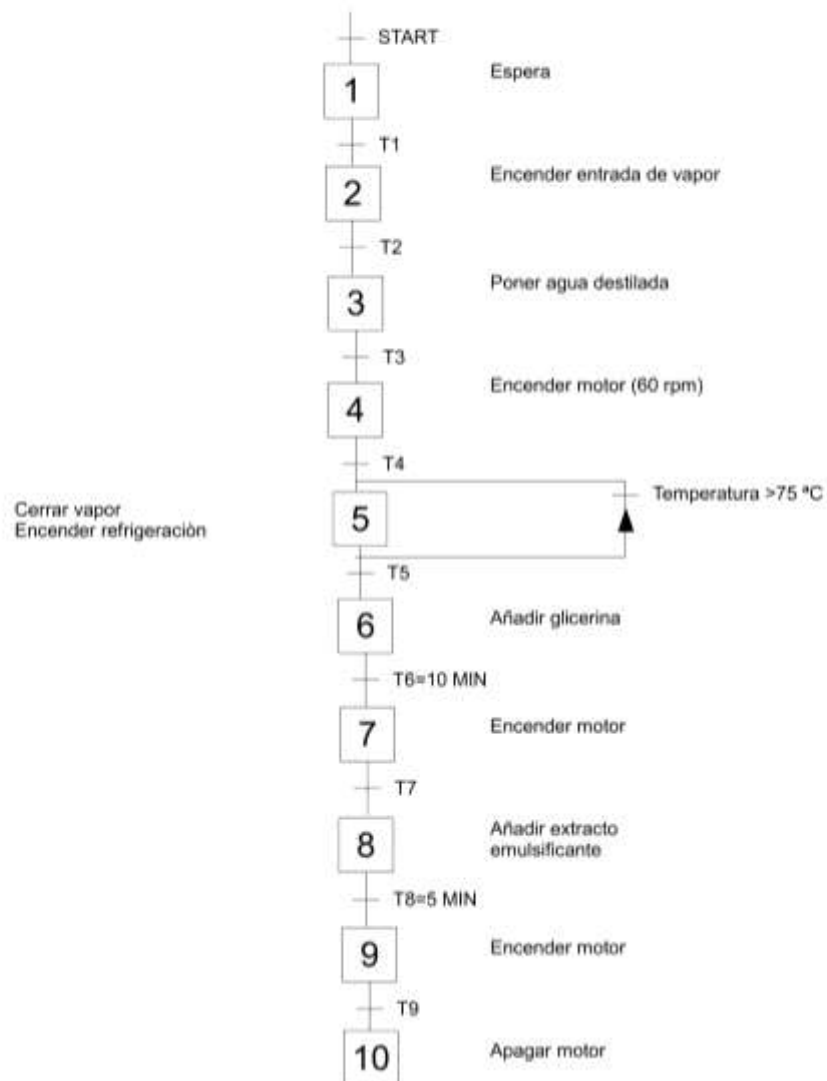
## GRAFCET DE DISEÑO DE LA MARMITA PARA QUESO



**Figura 27-3.** GRAFCET de Diseño de Marmita

**Fuente:** Realizado por: Erik Zurita y Fabián Fiallos, 2016

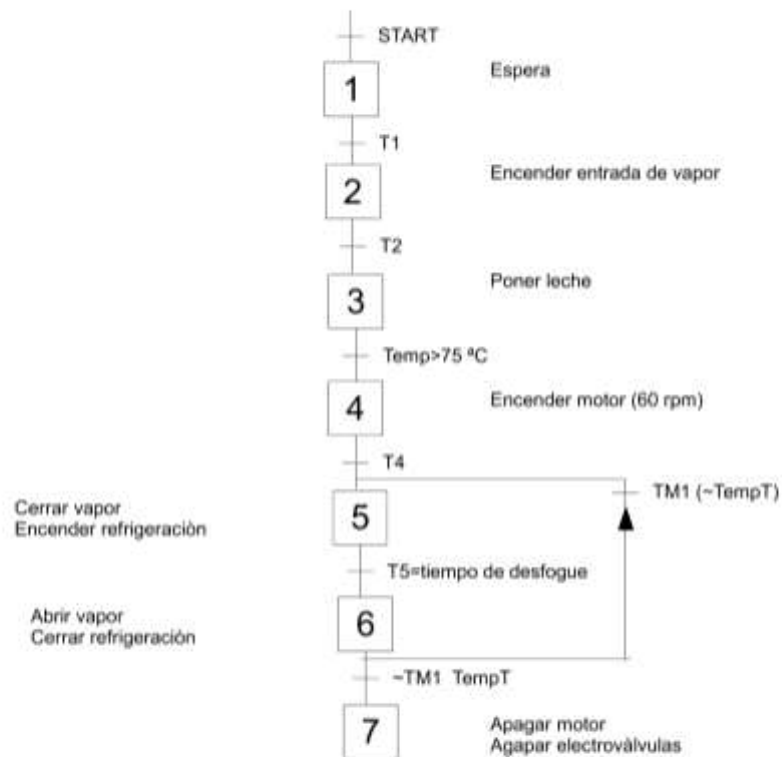
### GRAFCET DE DISEÑO DEL MEZCLADOR PARA CREMA SOLAR



**Figura 28-3.** GRAFCET de Diseño de Mezclador

Fuente: Realizado por: Erik Zurita y Fabián Fiallos, 2016

## GRAFCET FUNCIONAL DE LA MARMITA PARA QUESO

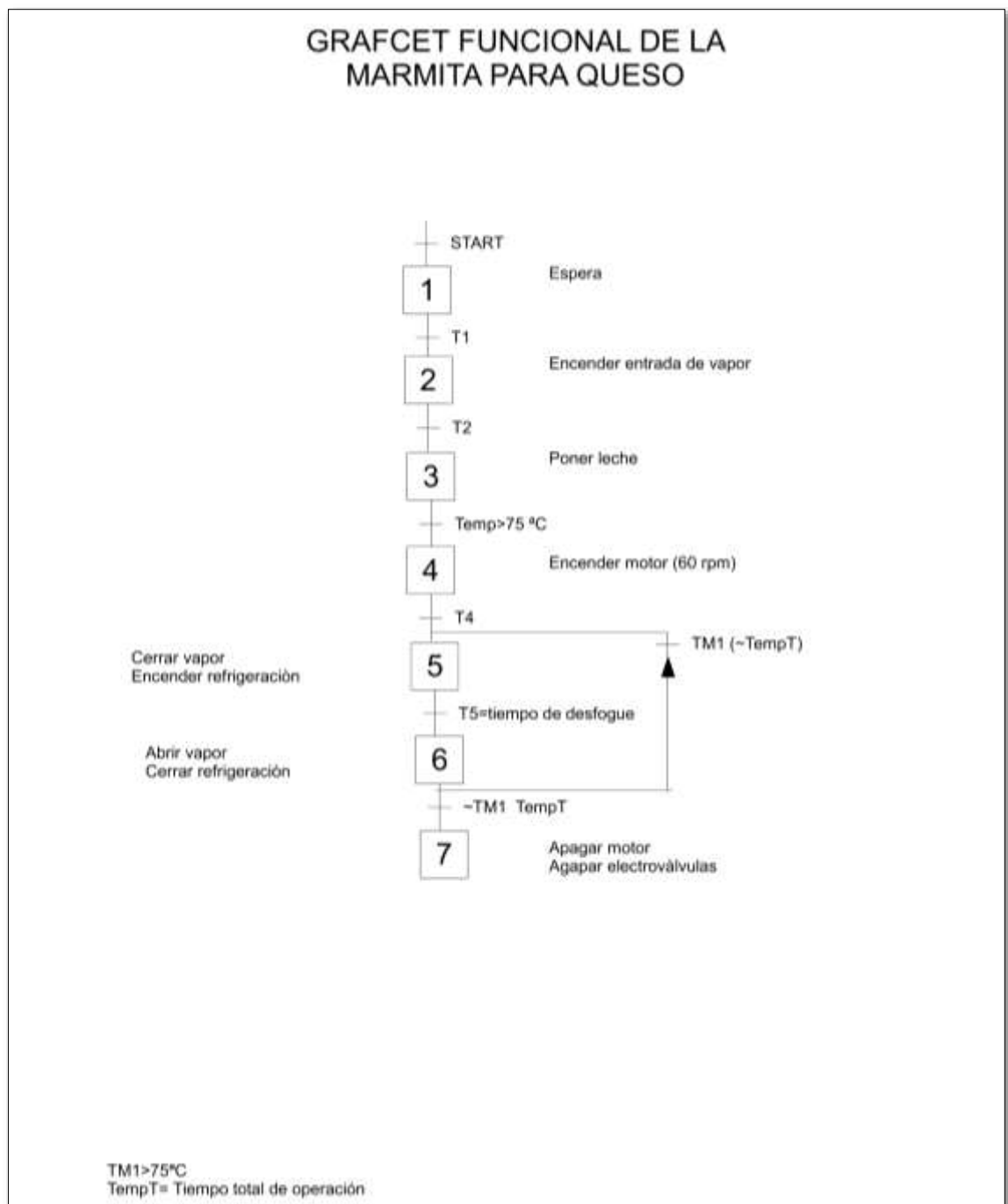


TM1 > 75 °C  
 TempT = Tiempo total de operación

**Figura 29-3.** GRAFCET Funcional de Marmita

**Fuente:** Realizado por: Erik Zurita y Fabián Fiallos, 2016





**Figura 30-3.** GRAFCET Funcional Mezclador

**Fuente:** Realizado por: Erik Zurita y Fabián Fiallos.2016

Considerando los datos del GRAFCET funcional, los resultados que se aprecian, son el de un sistema óptimo para los equipos, sencillo, estable y controlable, encaminado a la optimización máxima de recursos.

- Fase de Control: esta fase se desarrolló de manera similar que la de automatización, se estimó un número aproximado de estados posibles en los que se pueden encontrar los

equipos, que ya en la práctica vienen a ser el número de productos que se pueden fabricar con los equipos. En el caso del modo de paro y marcha, el GRAFCET que se diseñó (ver **tabla 27-3** y **tabla 28-3**), controla la activación y desactivación de los elementos de la etapa de producción, que se presentan de forma secuencial y periódica. El resultado que se consiguió, es que, el usuario de los equipos mantuvo una supervisión del desarrollo del proceso controlado, de forma automática.

- Fase de Interacción: se diseñó el panel de control o de mando (ver **figura 33-3** y **figura 34-3**), que realiza la función de relacionar al o los operarios con los procesos, obteniendo como resultado, la facilidad de supervisión de las acciones físicas de los dispositivos que se implementaron (sensores de temperatura, electroválvulas, etc.).
- Fase de Pruebas: Se implementó el algoritmo en el autómata, se verificó el funcionamiento y el control de cada uno de los elementos implementados. Se realizaron pruebas de validación y funcionamiento con materia prima para la obtención de queso y crema solar. Los resultados obtenidos, se los realizaron probando que el funcionamiento de cada elemento fue el adecuado de acuerdo a las necesidades y características de cada uno de los procesos para la elaboración de los concentrados.

### **3.2      Diseño del circuito eléctrico controlador con el uso de un PLC montado en un panel de control y acondicionar una interfaz hombre-máquina (HMI) para el ingreso de instrucciones y devolución de resultados en la marmita para queso y el mezclador para crema solar.**

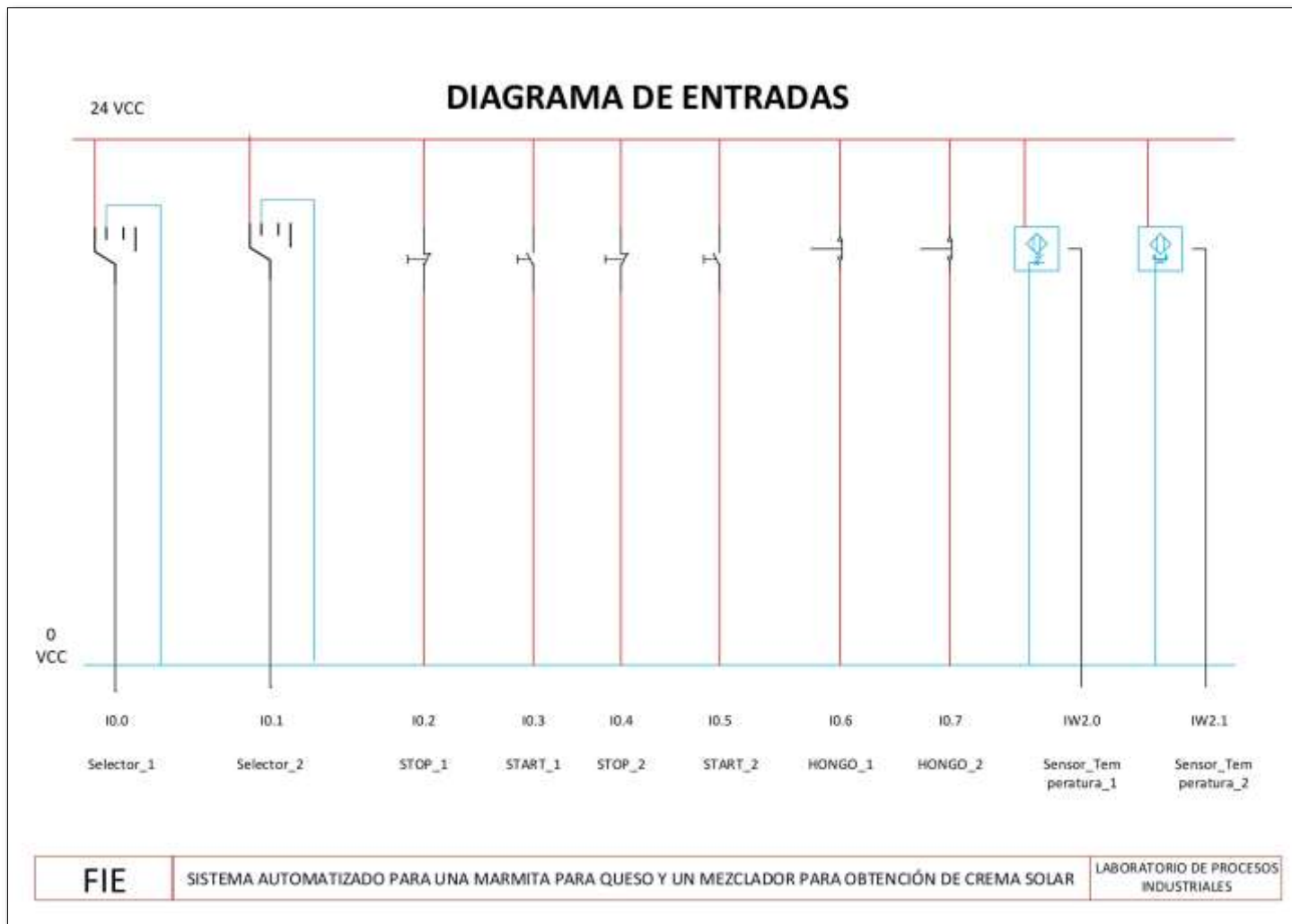
Se conoció las necesidades exactas y los puntos vulnerables con las características de los sistemas en funcionamiento, permitiendo saber dónde aplicar el sistema de automatización.

La etapa de enfriamiento, se realizó con la implementación de un sistema de electroválvulas que reemplazó al sistema de control manual que existía, y demandaba una cantidad de recursos humanos elevada, de al menos tres personas presentes para esta etapa, se consiguió eliminar a uno de los miembros encargados de la medición de la variación del calor con métodos tradicionales, desplazando el uso de un termómetro de laboratorio; se implementó un sensor de temperatura del tipo PT100 caracterizado en la **tabla 21-3**, que se adecuó para los rangos de temperatura que alcanzan los equipos.

### **3.2.1      *Diseño del circuito eléctrico con el uso de un PLC***

Se utilizó un módulo de expansión de entradas analógicas TM2AMI4LT (ver **anexo 3**), compatible con el PLC Telemecanique, para el acondicionamiento de las señales analógicas de los sensores PT100 (ver **figura 31-3**).

Obteniendo como resultado, que la lectura de los sensores del tipo PT100, sea lo más precisa y exacta, debido a que el modulo posee, de acuerdo a sus características y composición el acondicionamiento necesario para las señales analógicas que miden los sensores, desplazando la necesidad de un circuito adicional para esta función.

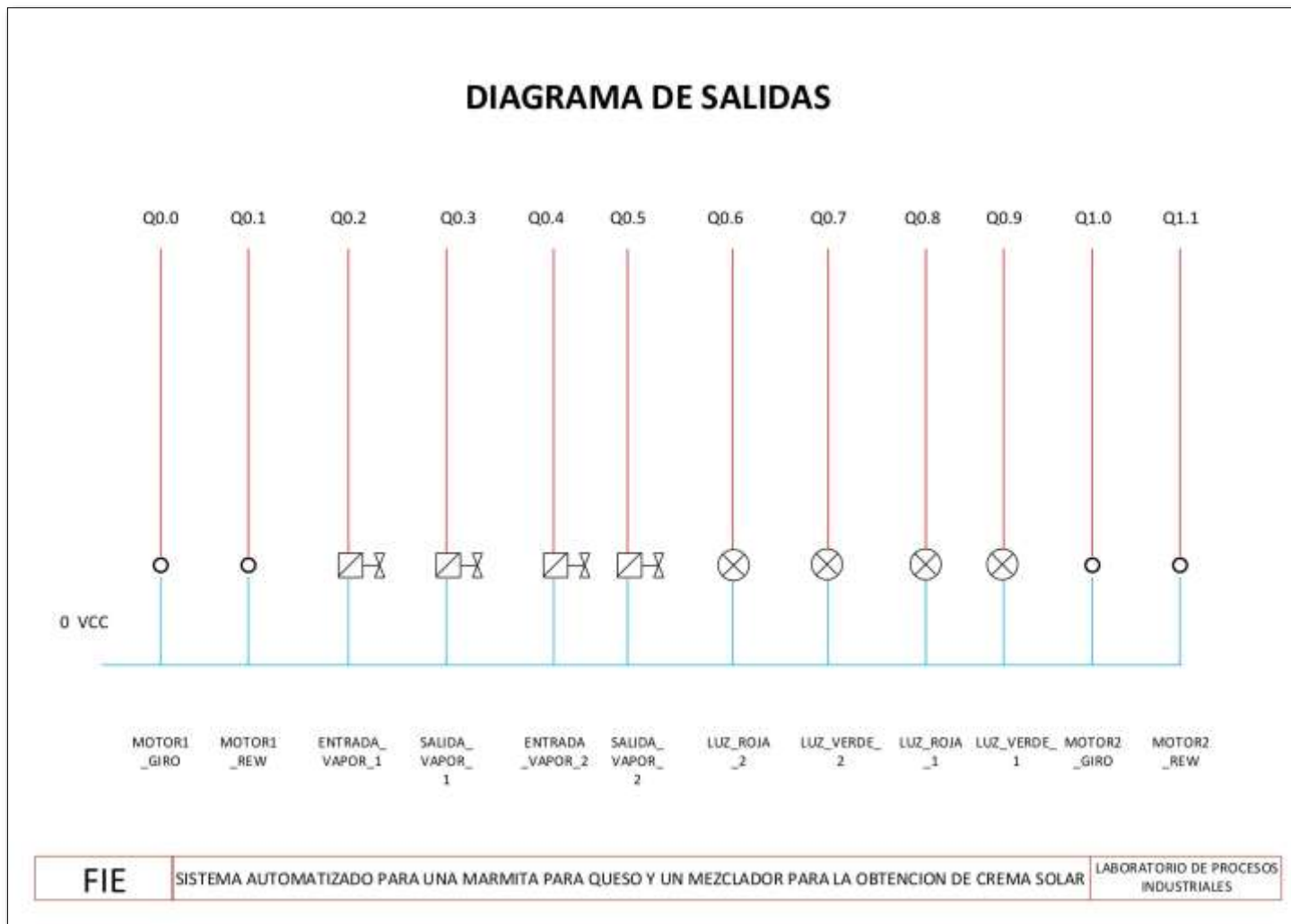


**Figura 31-3.** Diagrama de Entradas  
Fuente: Realizado por: Erik Zurita y Fabián Fiallos, 2016

Con las características de los elementos que se implementaron, se determinó el tipo de fuente de alimentación necesaria, todos los dispositivos que se usaron son de tipo industrial, estos trabajan a 24VDC (ver **tabla 21-3** y **tabla 23-3**), esta característica determino como resultado que, de forma obligatoria, la fuente de alimentación del circuito eléctrico de control sea de 24VDC.

Con el conjunto de elementos que se implementaron y la demanda de potencia de cada uno de los dispositivos (ver **tabla 20-3**), se determinó el valor del amperaje de la fuente, obteniendo como resultado que la demanda de potencia que se necesitó, es de un mínimo de 4 amperios.

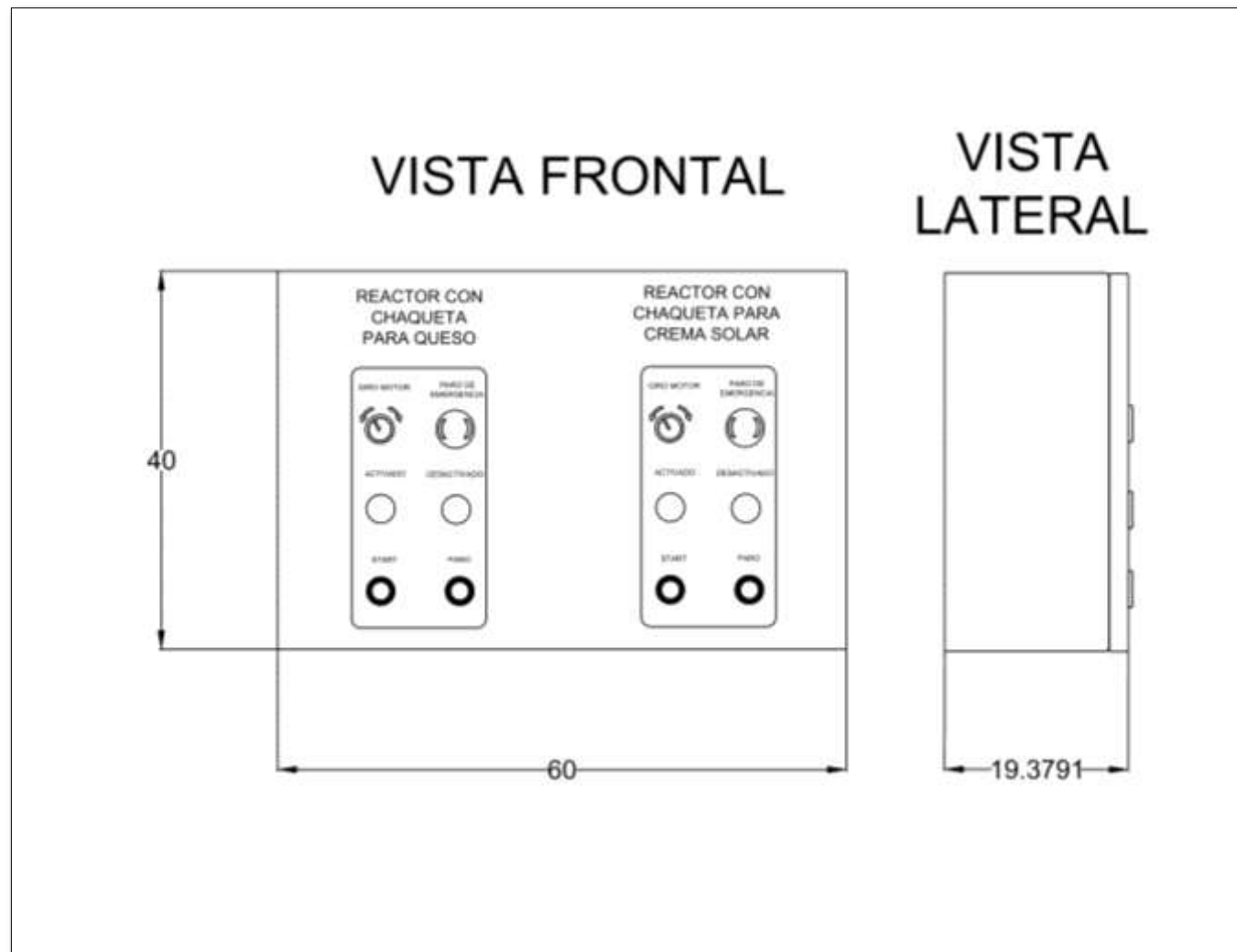
Se usó un módulo de expansión de entradas y salidas digitales (ver **anexo 2**), debido a que el diseño del sistema, demandó un número de salidas digitales mayor al número de salidas que tiene el PLC como características de fábrica (ver **figura 32-3**). Obteniendo como resultado un sistema compacto y sólido, consiguiendo el uso correcto de todos los elementos caracterizados (ver **tabla 20-3**).



**Figura 32-3.** Diagrama de Salidas  
**Fuente:** Realizado por: Erik Zurita y Fabián Fiallos, 2016

### **3.2.2      *Implementación de un panel de control***

Se construyó un panel de control general para los dos equipos, dicho panel se construyó, con normas, especificaciones ergonómicas y características industriales, las cuales se combinaron a la par con el criterio de diseño y dimensionamiento propio. (ver **figura 33-3**).



**Figura 33-3.** Diseño de panel de control en AutoCad

**Fuente:** Realizado por: Erik Zurita y Fabián Fiallos, 2016



El panel se construyó por secciones:

- *Sección de Botonería:* esta sección se construyó en la parte frontal del panel de control (ver **figura 33-3**), conformada por dos pulsadores, uno de color verde del tipo Normalmente Abierto (NO), uno rojo del tipo Normalmente Cerrado (NC) para el paro general y reseteo de los procesos de los equipos, se incluyó un pulsador tipo hongo de color rojo del tipo Normalmente Cerrado (NC) el cual tiene como función un paro de emergencia instantáneo y provisional del proceso de producción. Se controló el sentido de giro de los motores con un seleccionador de 2 posiciones. Cada posición determinaría el sentido de giro, izquierda o derecha. Obteniendo como resultado un sistema amigable y sencillo de interacción con los operarios.
- *Sección de Señalización:* se construyó esta sección con indicadores visuales del tipo lumínico, conformado por dos luces piloto, una de color rojo y una de color verde, señalizado el estado actual de las máquinas. Se diseñó y se asignó etiquetas con la función que desempeña cada elemento del panel frontal, tanto botones, luces piloto, instrucción y el nombre de las máquinas (ver **figura 34-3**).



**Figura 34-3.** Panel de Control, Implementación Física

**Fuente:** Realizado por: Erik Zurita y Fabián Fiallos, 2016

- *Sección de Control:* se colocó en conjunto con la botonería y las señalizaciones, los elementos que controlan de forma directa a los actuadores y a las etapas del proceso de

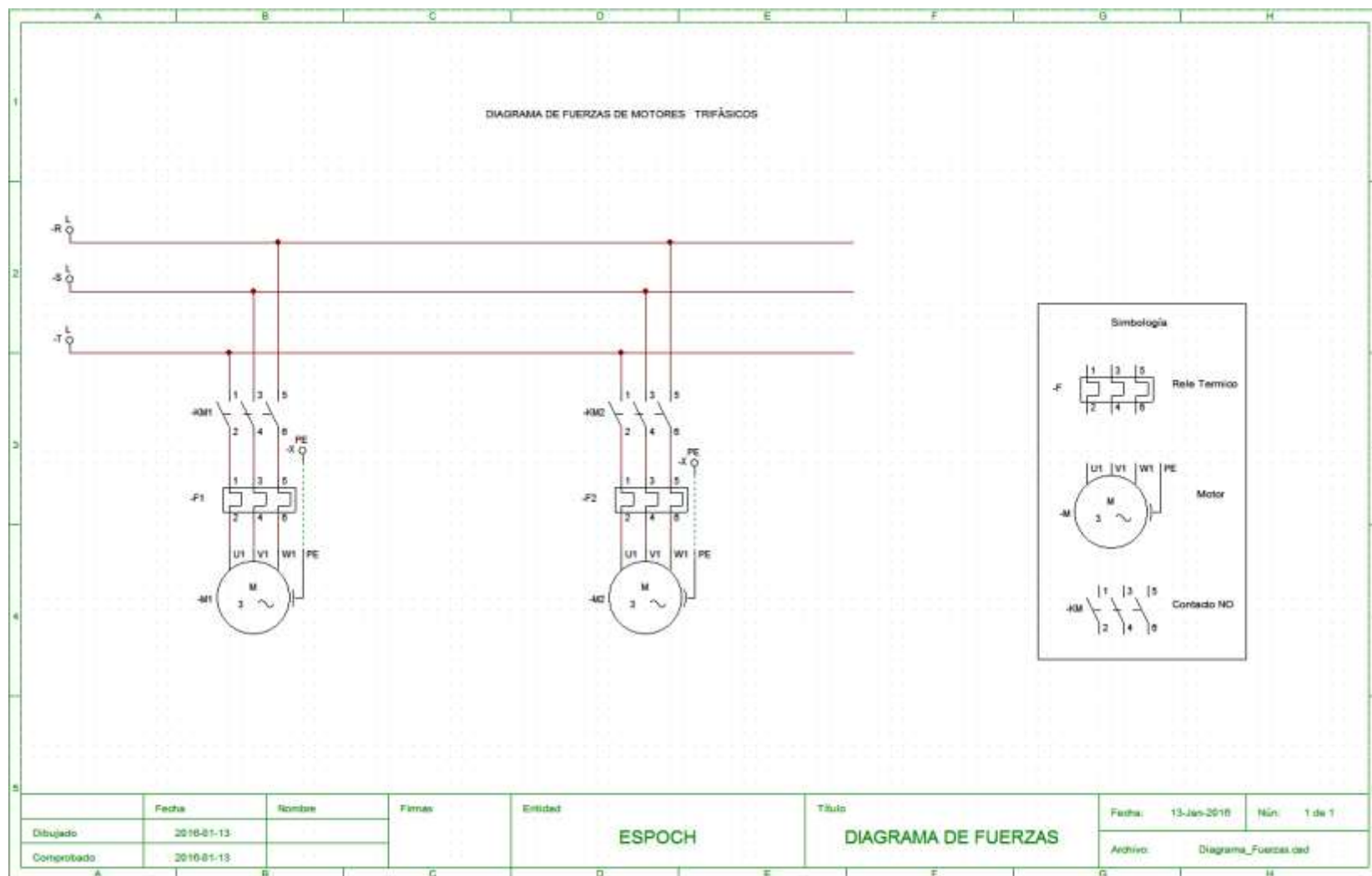
producción. Se conformó esta sección con el autómata (PLC), con los módulos de expansión, de entradas-salidas digitales y entradas analógicas, el módulo de comunicación Ethernet, los relés de control de las electroválvulas de vapor y agua, una fuente de alimentación de 24V a 4A, y los variadores frecuencia que controlan el sentido de giro y velocidad de los motores (ver **figura 35-3**).



**Figura 35-3.** Panel de Control, Vista Interna de la Implementación

**Fuente:** Realizado por: Erik Zurita y Fabián Fiallos, 2016

- *Sección de Potencia:* esta sección se implementó con el fin de mantener un nivel de seguridad entre los circuitos de control y de potencia, se consiguió mantener separadas las alimentaciones los elementos que trabajan con corriente alterna de los elementos que se alimentan con corriente continua, entre estos los variadores de frecuencia de cada motor, la protección del cable a través de un breaker de 15A, dos contactores con protecciones térmicas para el control eléctrico de cada motor. Obteniendo como resultado un sistema seguro y estable (ver **figura 36-3**).



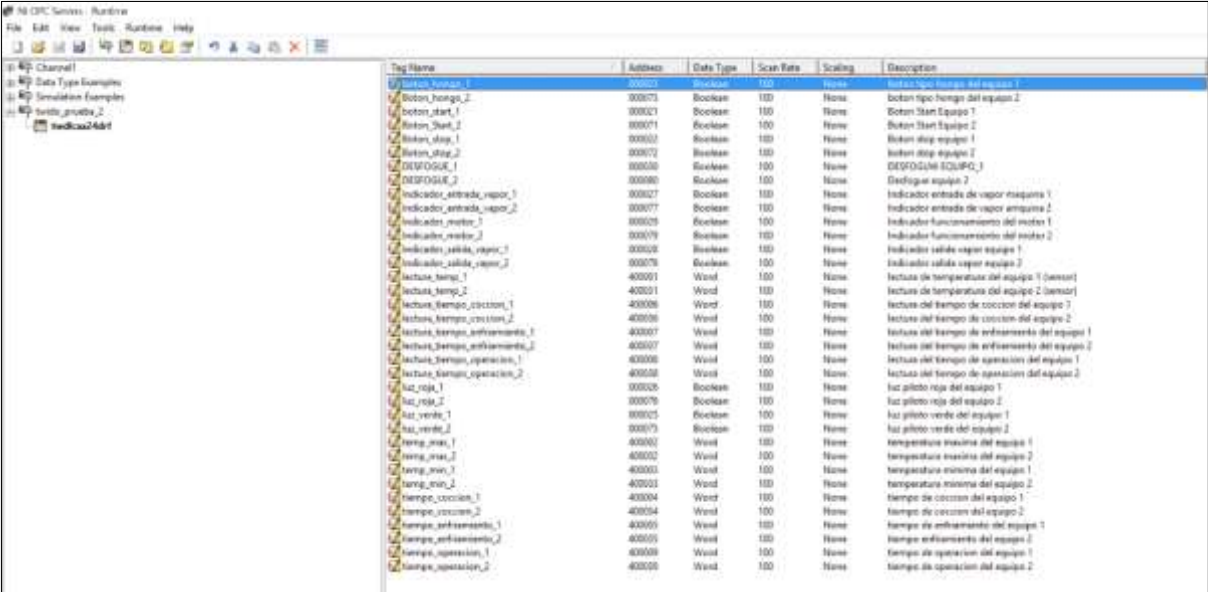
**Figura 36-3.** Diagrama de Fuerzas de Motores Trifásicos

**Fuente:** Realizado por: Erik Zurita y Fabián Fiallos, 2016

- *Sección de Comunicación:* los resultados obtenidos con la interrelación entre los elementos digitales que forman parte del panel de control, fue una comunicación bit a bit, y esta comunicación se basó en el lenguaje de contactos, se utilizó también una comunicación entre PLC y módulos de expansión del tipo MODBUS, así como también la lectura de las señales analógicas de los sensores, el módulo de comunicación de interfaz Ethernet y el PLC.

### 3.2.3 Acondicionamiento de una Interfaz hombre-máquina (HMI)

Se crearon un conjunto de variables (ver **figura 37-3**), con el uso de un servidor llamado “NI OPC SERVER”, complemento del software usado para realizar el HMI, se consiguió enlazar el controlador lógico programable (PLC) con un panel virtual, que se diseñó y programo en LabVIEW.



Tag Name	Address	Data Type	Scan Rate	Scaling	Description
button_hongo_1	1000073	Boolean	100	None	button tipo hongo del equipo 1
button_hongo_2	1000074	Boolean	100	None	button tipo hongo del equipo 2
button_start_1	1000071	Boolean	100	None	button Start Equipo 1
button_start_2	1000072	Boolean	100	None	button Start Equipo 2
button_stop_1	1000075	Boolean	100	None	button stop equipo 1
button_stop_2	1000076	Boolean	100	None	button stop equipo 2
DEFOGUE_1	1000030	Boolean	100	None	DEFOGUE EQUIPO 1
DEFOGUE_2	1000031	Boolean	100	None	DEFOGUE EQUIPO 2
indicador_entrada_vapor_1	1000027	Boolean	100	None	Indicador entrada de vapor maquina 1
indicador_entrada_vapor_2	1000028	Boolean	100	None	Indicador entrada de vapor maquina 2
indicador_motor_1	1000029	Boolean	100	None	Indicador funcionamiento del motor 1
indicador_motor_2	1000030	Boolean	100	None	Indicador funcionamiento del motor 2
indicador_salida_vapor_1	1000032	Boolean	100	None	Indicador salida vapor equipo 1
indicador_salida_vapor_2	1000033	Boolean	100	None	Indicador salida vapor equipo 2
lectura_temp_1	400001	Word	100	None	lectura de temperatura del equipo 1 (sensor)
lectura_temp_2	400002	Word	100	None	lectura de temperatura del equipo 2 (sensor)
lectura_tiempo_coccion_1	400003	Word	100	None	lectura del tiempo de coccion del equipo 1
lectura_tiempo_coccion_2	400004	Word	100	None	lectura del tiempo de coccion del equipo 2
lectura_tiempo_enfriamiento_1	400005	Word	100	None	lectura del tiempo de enfriamiento del equipo 1
lectura_tiempo_enfriamiento_2	400006	Word	100	None	lectura del tiempo de enfriamiento del equipo 2
lectura_tiempo_operacion_1	400007	Word	100	None	lectura del tiempo de operacion del equipo 1
lectura_tiempo_operacion_2	400008	Word	100	None	lectura del tiempo de operacion del equipo 2
luz_rojo_1	1000020	Boolean	100	None	luz piloto roja del equipo 1
luz_rojo_2	1000021	Boolean	100	None	luz piloto roja del equipo 2
luz_verde_1	1000022	Boolean	100	None	luz piloto verde del equipo 1
luz_verde_2	1000023	Boolean	100	None	luz piloto verde del equipo 2
temp_max_1	400001	Word	100	None	temperatura maxima del equipo 1
temp_max_2	400002	Word	100	None	temperatura maxima del equipo 2
temp_min_1	400003	Word	100	None	temperatura minima del equipo 1
temp_min_2	400004	Word	100	None	temperatura minima del equipo 2
tiempo_coccion_1	400005	Word	100	None	tiempo de coccion del equipo 1
tiempo_coccion_2	400006	Word	100	None	tiempo de coccion del equipo 2
tiempo_enfriamiento_1	400007	Word	100	None	tiempo de enfriamiento del equipo 1
tiempo_enfriamiento_2	400008	Word	100	None	tiempo de enfriamiento del equipo 2
tiempo_operacion_1	400009	Word	100	None	tiempo de operacion del equipo 1
tiempo_operacion_2	400010	Word	100	None	tiempo de operacion del equipo 2

**Figura 37-3.** Variables creadas en NI OPC SERVER

**Fuente:** Realizado por: Erik Zurita y Fabián Fiallos, 2016

Esta programación, se la realizarlo por etapas, las mismas que están detalladas de la siguiente manera:

### *Etapa de control*

Como se observa en la **figura 38-3**, se diseñó y programó un panel de botones semejante al panel físico implementado en los equipos, con características y funciones similares.



**Figura 38-3.** Sección de botonería diseñada en el HMI

Fuente: Realizado por: Erik Zurita y Fabián Fiallos, 2016

### *Etapa de Monitoreo Visual*

Esta etapa se diseñó, a través de LabVIEW, con un sistema de pantallas en las cuales se detalla de forma visual, amigable y sencilla, el ingreso de instrucciones y variables, así como la devolución de la respuesta de los actuadores y como la lectura del sensor de temperatura.

Como se aprecia en la **figura 39-3**, el diseño del HMI se orientó, a que los usuarios del mismo, tengan un recibimiento de la interfaz, con características conocidas, como el sello de la universidad, los sellos de las escuelas, el nombre de la dependencia donde se realizó el trabajo de titulación y el nombre del proyecto.



**Figura 39-3.** Captura, primera pantalla del HMI diseñado  
**Fuente:** Realizado por: Erik Zurita y Fabián Fiallos, 2016

Como se aprecia en la **figura 40-3**, el diseño de la segunda pantalla tiene en su constitución, los datos generales y nombres de las diferentes pestañas que posee el HMI.



**Figura 40-3.** Captura, segunda pantalla del HMI diseñado  
**Fuente:** Realizado por: Erik Zurita y Fabián Fiallos, 2016

Como se aprecia en la **figura 41-3 y figura 42-3**, el diseño de la tercera y cuarta pantalla tienen en su constitución, las secciones de botonería e ingreso y devolución de resultados.



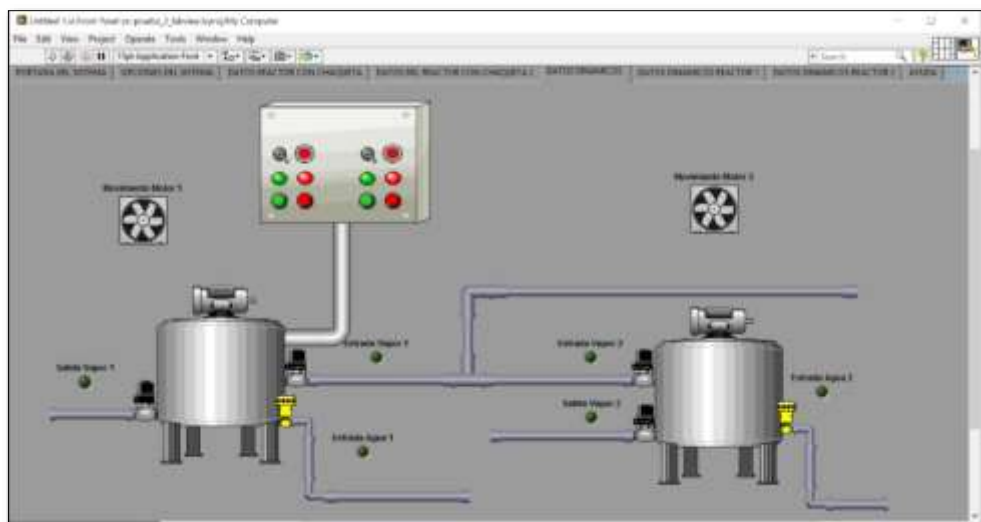
**Figura 41-3.** Captura, tercera pantalla del HMI diseñado  
**Fuente:** Realizado por: Erik Zurita y Fabián Fiallos, 2016



**Figura 42-3.** Captura, cuarta pantalla del HMI diseñado  
**Fuente:** Realizado por: Erik Zurita y Fabián Fiallos, 2016

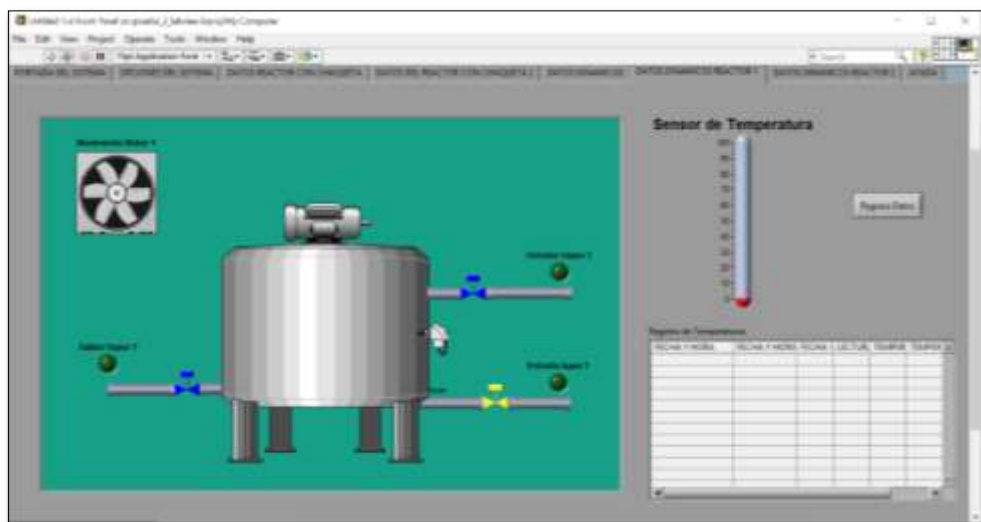
Como se aprecia en la **figura 43-3**, el diseño de la quinta pantalla, está formado por la implementación en forma visual de los dos equipos, a través de datos dinámicos, como el giro del motor, la tubería de alimentación de vapor y agua, y la salida de vapor, con la respectiva representación del panel físico que se implementó (ver **figura 34-3**).





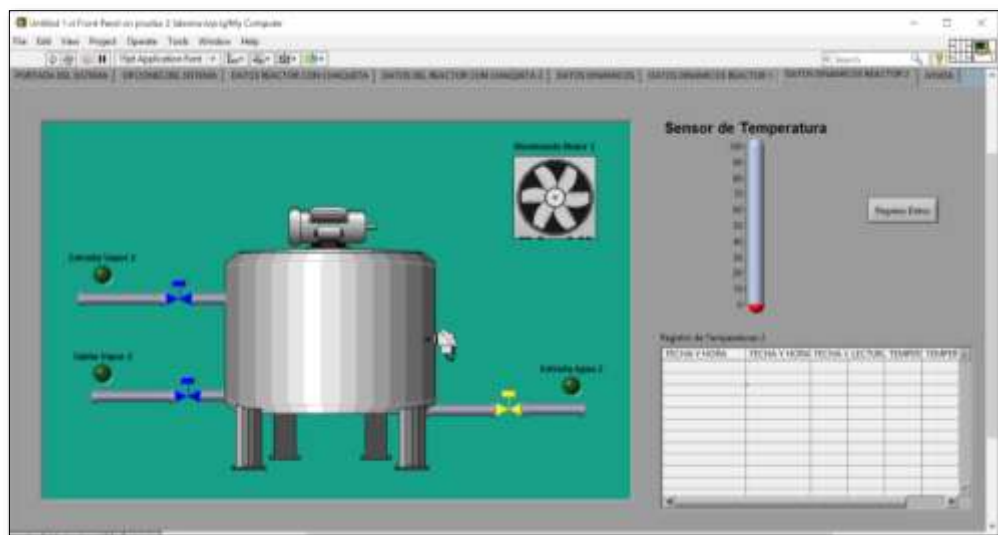
**Figura 43-3.** Captura, quinta pantalla del HMI diseñado  
**Fuente:** Realizado por: Erik Zurita y Fabián Fiallos, 2016

Como se aprecia en la **figura 44-3** y **figura 45-3**, el diseño de la sexta y séptima pantalla, se encuentran formadas por una sección visual del equipo con sus respectivos elementos de control para el sistema de alimentación y salida de vapor y agua, con el uso de recursos de datos dinámicos; así como también la sección de control de temperatura a través de un termómetro virtual y una tabla de registro de lecturas de temperaturas, tabla que se genera de forma automática.



**Figura 44-3.** Captura, sexta pantalla del HMI diseñado  
**Fuente:** Realizado por: Erik Zurita y Fabián Fiallos, 2016





**Figura 45-3.** Captura, séptima pantalla del HMI diseñado  
**Fuente:** Realizado por: Erik Zurita y Fabián Fiallos, 2016

### 3.2.4 *Ingreso de instrucciones y devolución de resultados*

Se consiguió la forma de interactuar con el o los usuarios, con la opción de permitir el ingreso de instrucciones en el control del proceso de producción, se programó secciones en las diferentes pantallas diseñadas en el HMI, secciones que fueron divididas en:

- *Sección de Ingreso de instrucciones o datos:* es aquí, en donde se consiguió el ingreso de datos para la lectura de rangos de temperatura, tiempos de trabajo del proceso, son digitadas de forma numérica por el usuario (ver **figura 46-3** y **figura 47-3**).



**Figura 46-3.** Sección de Ingreso de Rangos de Temperatura  
**Fuente:** Realizado por: Erik Zurita y Fabián Fiallos, 2016



**Figura 47-3.** Sección de Ingreso de Tiempos de Trabajo  
**Fuente:** Realizado por: Erik Zurita y Fabián Fiallos, 2016

- *Sección de Devolución de resultados:* es aquí, en donde se consiguió que la lectura de temperatura del sensor que se implementó, sea devuelta al usuario de forma visual y en forma numérica (ver **figura 48-3** y **figura 49-3**); el registro de temperaturas se expuso a través de una tabla de registros, y el funcionamiento de los elementos de control de ingreso y salida de agua y vapor se ilustró de forma gráfica y animada (ver **figura 44-3** y **figura 45-3**).



**Figura 48-3.** Sección de Devolución de Temperatura medida por PT100

**Fuente:** Realizado por: Erik Zurita y Fabián Fiallos, 2016



**Figura 49-3.** Sección de Devolución de Tiempo Transcurrido de Trabajo

**Fuente:** Realizado por: Erik Zurita y Fabián Fiallos, 2016

### **3.3 Enlace de un sistema de control implementado mediante comunicación vía web, para monitorizar los procesos de producción en una red interna, conjuntamente con la generación y envío de una tabla de registros a través de un correo electrónico.**

#### **3.3.1 *Enlace del sistema de control mediante comunicación web, monitoreo de procesos en una red interna, generación y envío de registros a través de un correo electrónico***

##### **3.3.1.1 *Enlace del sistema de control vía comunicación web***

En el sistema de control para el enlace de los equipos y su comunicación vía web se usó, un protocolo para transferencia simple de correo, conocido como SMTP, protocolo que permitió ingresar a un servidor de este mismo tipo; para ingresar a un servidor de tipo SMTP, se ingresó datos de autenticación de usuario, utilizando un puerto exclusivo para este tipo de protocolo para hacer uso del servicio del servidor.

Además, de conseguir un monitoreo a través de un correo electrónico, se logró el monitoreo en tiempo real con un link generado, que permite ver por medio de capturas de pantalla el control que se está realizando, el momento de trabajar con los equipos (ver **figura 50-3**).



**Figura 50-3:** Implementación de la conexión Router con módulo Ethernet del PLC.

**Fuente:** Realizado por: Erik Zurita y Fabián Fiallos, 2016

### 3.3.1.2 *Monitoreo de procesos en una red interna*

El sistema de monitoreo, se implementó con el uso de un Router, que se programó para que cumpla con la función de un repetidor de señal, permitiendo enlazar a la red existente en el laboratorio, con el módulo de comunicación ethernet integrado al PLC del panel de mando (ver **figura 51-3**, **figura 52-3**)



**Figura 51-3:** Router perteneciente al Lab. de Procesos Industriales, con señal de comunicación.

**Fuente:** Realizado por: Erik Zurita y Fabián Fiallos, 2016



**Figura 52-3.** Router repetidor conectado al Router del Lab. Pro. Industriales emitiendo señal de comunicación.

**Fuente:** Realizado por: Erik Zurita y Fabián Fiallos, 2016

Se lo realizó el monitoreo, a través de un complemento de LabVIEW, Web Publishing Server, que permitió la comunicación de varios ordenadores. Este complemento permitió crear un archivo en el ordenador principal que está configurado como servidor con codificación HTML, permitiendo a otros dispositivos acceder al archivo para visualizar el proyecto.

### 3.3.1.3 Generación y envío de registros a través de un correo electrónico

Se realizó, un registro de temperaturas máximas y mínimas; ingresadas por el usuario, y la lectura del monitoreo del sensor implementado, así como el registro en columnas de hora y fecha detallada, a través del almacenamiento en tablas. Registro que se generó de forma automática y de forma periódica; siendo exportado a un archivo de Excel (ver **figura 53-3**).

[illegible]

**Figura 53-3.** Registro de Temperaturas de trabajo, generado de forma automática

**Fuente:** Realizado por: Erik Zurita y Fabián Fiallos, 2016

### 3.4 Análisis y Discusión de Resultados

Los análisis de los resultados se desarrollaron en función de los objetivos planteados y lo obtenido en el desarrollo del trabajo, considerando:

- Una vez identificadas las variables controlables de los procesos, en la marmita y el mezclador, se realizaron pruebas y cálculos para el dimensionamiento del sensor, obteniendo temperaturas de hasta 100 °C y como un mínimo, valores de temperatura ambiente, y para estos rangos se seleccionó un sensor del tipo PT100, como se aprecia en la **tabla 21-3**, sensor que permite la obtención optima, clara y aproximada de valores reales.
- La construcción del panel de control es en metal, con su sección de botonería en la parte frontal, y su sección de control en su interior, debido a las características de uso y vida útil de los equipos, permitiendo una estabilidad física mayor del equipo, así como fortaleciendo el nivel de seguridad que se mentalizo (ver **figura 34-3**).
- La implementación del HMI generó un sistema más amigable y seguro entre los usuarios o manipuladores y los equipos, debido a que el manejo se lo puede realizar a una distancia prudente y segura a través del monitoreo interno en la red de Procesos Industriales, sin correr riesgos de quemaduras, aumentando la seguridad industrial de los operarios y sin comprometer la estructura de los concentrados (ver **figura 39-3** a la **figura 41-3**).
- La creación de la tabla de registros de temperatura de forma automática (ver **figura 53-3**) con el monitoreo vía Web, permitieron que, de forma simultánea, la persona encargada o el responsable del laboratorio, tengan un monitoreo en tiempo real, el instante que se realice prácticas para obtener un producto.
- Como se observa en la **tabla 22-3** y la **tabla 23-3**, con la selección de electroválvulas e implementación de estos elementos de control, en las entradas de vapor y agua, y en la salida de vapor, se consiguió el manejo y control optimo del sistema de calentado y enfriamiento de los equipos, permitiendo mantener de forma ideal, la o las temperaturas necesarias para cada producto o concentrado.
- Una vez terminado las implementaciones físicas y de software en los equipos, se realizaron las validaciones y pruebas correspondientes para su futuro análisis, permitiendo obtener como

resultado la mejora notable en el rendimiento de los equipos en comparación l rendimiento de sus condiciones iniciales, resultado que no solo se vio reflejado en el funcionamiento de los equipos sino también, en la mejora de la calidad del producto, en la optimización de recursos materiales, y la disminución notable de recursos humanos ,reduciéndolos de un mínimo de 5 personas a 2 recursos humanos (**anexo 13**).

- El control con la red interna del laboratorio, el monitoreo vía web y la implementación física del panel de control y los elementos de automatización (ver **tabla 20-3**), permitieron que la calidad del producto sea de un porcentaje mayor al de las condiciones iniciales, debido a que el contacto de los operarios o practicantes es mínimo, consiguiendo que el producto no contenga impurezas externas ajenas a tu composición.

## CONCLUSIONES

- La adecuada identificación de las variables controlables de los procesos, permitieron que el diseño de automatización sea puntual y confiable.
- El adecuado acondicionamiento de los dispositivos caracterizados, permitieron que la automatización se ejecute en su totalidad, obteniendo un sistema estable y confiable, con mejoras en su rendimiento y seguridad.
- Explotar la mayor cantidad de recursos del PLC, permitió el control simultaneo de los dos equipos, sin retrasos en la producción, ni defectos en el producto.
- El diseño y la implementación del HMI y el módulo Ethernet, facilitaron la monitorización del proceso, generando en su conjunto, un sistema de supervisión amigable y sencillo para el usuario.
- Al aprovechar la infraestructura de la red interna del Laboratorio de Procesos Industriales, facilitó monitorizar el proceso de producción, y controlar todas las acciones desde el ordenador de forma inalámbrica.
- La funcionalidad y el potencial del módulo Ethernet, son una fortaleza del PLC para el sistema, consiguiendo “subir”, los datos generados en la tabla de registros, a la red.



## RECOMENDACIONES

- Debido a la falta y demanda de sistemas de automatización recomendamos, proponer nuevas tecnológicas que se adapten a las necesidades requeridas en el laboratorio.
- El tema de la seguridad y sus normas debe una instrucción básica, previa al momento de las indicaciones de funcionamiento, operación y técnicas de elaboración, siempre con la idea de prevenir lesiones o accidentes laborales.
- En la implementación de botonería en el diseño de paneles, se recomienda que su construcción sea basada en normas de representación de esquemas eléctricos. Todo esto con la finalidad de evitar problemas, y malos entendidos al ejecutar procesos o encender equipos.
- Cuando se dispone de redes internas como la del laboratorio de Procesos, es recomendable que el uso de la clave de la red, sea dedicada exclusivamente para el uso de procesos y equipos que pertenecen esa área.
- Recomendamos en este trabajo de titulación, realizar mantenimientos preventivos del sistema automatizado, como la sección de comunicación, entre el PLC y la red interna del Laboratorio, así como también la verificación del sistema eléctrico y electrónico.

## **BIBLIOGRAFÍA**

**ACADEMIA DE NETWORKING DE CISCO SYSTEMS.** (2006), *Fundamentos de Redes Inalámbricas*. Madrid - España, pp 20-30.

**APRENDER AUTOCAD 2013 AVANZADO.** (2013), Madrid - España: Alfaomega Grupo Editor,

[Consulta: 15 abril 2016].

Disponible en: <http://www.bibliotechnia.com.mx/Institucional/resumen/10471>

**BALCELLS, Josep & ROMERAL, José.** (2009), *Autómatas Programables*. 6.<sup>a</sup> ed. México D.F.-México: Alfaomega Grupo Editor.

[Consulta: 30 marzo 2016].

Disponible en: <http://www.bibliotechnia.com.mx/Institucional/resumen/10576>

**BREJCHA, Mathias.** (1978), *Los cambios Automáticos*. Barcelona - España, pp 5-7.

**CASTRO LECHTALER, Antonio & FUSARIO, Rubén.** (2013), *Comunicaciones una introducción a las redes digitales de transmisión de datos y señales isócronas*. Buenos Aires - Argentina: Alfaomega Grupo Editor Argentino.

[Consulta: 29 enero 2016].

Disponible en: <http://www.bibliotechnia.com.mx/Institucional/resumen/10610>

**CREUS SOLÉ, Antonio.** (1995), *Instrumentación Industrial*. 6.<sup>a</sup> ed. Mexico D.F.-México, pp 70-75.

**DOMÍNGUEZ PANIAGUA, José.** (2009), *Informática Básica para Usuarios*. Madrid - España, pp 3 – 56.

**DORF, Richard.** (1989), *Sistemas Modernos de Control*. 2.<sup>a</sup> ed. México D.F- México, pp 30-50.

**ERAZO CASTILLO, Susana Alexandra & LATA MOROCHO, Martha Verónica.** (2012), *Diseño y construcción de una marmita automatizada para la elaboración de*

*queso* (tesis)(Ingeniería). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias, Escuela de Ingeniera Química. Riobamba - Ecuador. pp 21-108.

**FLOYD, Thomas.** (2008), *Dispositivos Electrónicos*. 8.<sup>a</sup> ed. México D.F.- México, pp 100-115.

**GUERRERO, Vicente, et al.** (2010), *Comunicaciones Industriales*. México D.F.- México, pp 7-255.

**GUEVARA CALUME, Roberto.** (2011), *Informática Básica*. Bogotá - Colombia, pp 121 – 125.

**HARPER, Enríquez.** (2004), *El libro Práctico de los Generadores, Transformadores y Motores Eléctricos*. México D.F.- México, pp 140 – 215.

**JOYANES AGUILAR, Luis; et al.** (1996), *Fundamentos de Programación*. Madrid - España, pp 1 – 42.

**KUO, Benjamin.** (1996), *Sistemas de Control Automático*. 7.<sup>a</sup> ed. México D.F.- México, pp 20-23.

**MANDADO PÉREZ, Enrique; et al.** (2009), *Autómatas Programables y Sistemas de Automatización*. 2.<sup>a</sup> ed. Barcelona - España., pp 3– 675.

**MONTANÉ, Paulino.** (2005), *Protecciones en las Instalaciones Eléctricas*. 2.<sup>a</sup> ed. Madrid - España, pp 1 – 56.

**OGATA, Katsuhiko.** (2010), *Ingeniería de Control Moderna*. 5.<sup>a</sup> ed. Madrid - España, pp 1 – 17.

**PONCE CRUZ, Pedro.** (2008), *Máquinas Eléctricas y Técnicas Modernas de Control*. México D.F.-México, pp 150-155.

**ROBERJOT.** (1988), *Elementos de Electricidad Industrial: máquinas eléctricas*. México D.F.- México, pp 31-32.

**RUDY, Nelson.** (1990), *Controles Industriales*. La Habana - Cuba, pp 22-25.

**SALDIVAR VAQUERA, Clara & DELGADO IBARRA, Raquel.** (2010), *Tecnologías de la Información y Comunicación*. México: Pearson.

[Consulta: 4 marzo 2016].

Disponible en: <http://epoch.librositio.net/libro.php?libroId=73#>

**SANCHEZ MOYA, Fredy Miguel & VALVERDE MARÍÑO, Holger Daniel.** (2014), *Diseño y construcción de un mezclador para la obtención de crema solar* (tesis)(Ingeniería). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias, Escuela de Ingeniera Química. Riobamba-Ecuador. pp 1-68.

**STALLINGS, William.** (2004), *Comunicación y Redes de Computadores*. 6.<sup>a</sup> ed. Madrid - España, pp 71-72.

**VILLASEÑOR GÓMEZ, Jorge & HERNÁNDEZ AGUIRRE, Fredy.** (2013), *Circuitos eléctricos y electrónicos*. 2a ed. México D.F.-México: Pearson.

[Consulta: 11 febrero 2016].

Disponible en: <http://epoch.librositio.net/libro.php?libroId=8#>

## **ANEXOS**

## Anexo 1: Datasheet del PLC TWIDO TWDLCAA24DRF

Network frequency limits	47...63 Hz
Power supply output current	0.25 A for 24 V DC sensors
Power supply input current	450 mA
Inrush current	<= 40 A
Protection type	Power protection with internal fuse
Power consumption in VA	40 VA at 254 V 33 VA at 100 V
Insulation resistance	> 10 MOhm at 500 V, between supply and earth terminals > 10 MOhm at 500 V, between I/O and earth terminals
Program memory	3000 instructions
Exact time for 1 K instruction	1 ms
System overhead	0.5 ms
Memory description	Internal RAM, double words, no floating, no trigonometrical Internal RAM, 3000 internal words, no floating, no trigonometrical Internal RAM, 256 internal bits, no floating, no trigonometrical Internal RAM, 128 timers, no floating, no trigonometrical Internal RAM, 128 counters, no floating, no trigonometrical
Free slots	1
Realtime clock	Without
Counting input number	3 channel(s) at 5000 Hz 16 bits 1 channel(s) at 20000 Hz 32 bits
Analogue adjustment points	1 point adjustable from 0...1023 1 point adjustable from 0 to 511 points
Status LED	1 LED red for module error (ERR) 1 LED per channel green for I/O status 1 LED green for RUN 1 LED green for PWR 1 LED for user pilot light (STAT)
Terminals description PLC n°1	(-)PW_OUT_NEG (+)PW_OUT_POS (0)IN_DIS#0 (1)IN_DIS#1 (10)IN_DIS#10 (11)IN_DIS#11 (12)IN_DIS#12 (13)IN_DIS#13 (2)IN_DIS#2 (3)IN_DIS#3 (4)IN_DIS#4 (5)IN_DIS#5 (6)IN_DIS#6 (7)IN_DIS#7 (8)IN_DIS#8 (9)IN_DIS#9 ALT COM_NEG#0-13 TB_TOP
Terminals description PLC n°2	(-)PW_OUT_NEG (+)PW_OUT_POS (0)IN_DIS#0 (1)IN_DIS#1 (10)IN_DIS#10 (11)IN_DIS#11 (12)IN_DIS#12 (13)IN_DIS#13 (2)IN_DIS#2 (3)IN_DIS#3 (4)IN_DIS#4 (5)IN_DIS#5 (6)IN_DIS#6 (7)IN_DIS#7 (8)IN_DIS#8 (9)IN_DIS#9 ALT_1 COM_POS#0-13 TB_TOP

## Anexo 2: Datasheet del Modulo de Expansi3n de Digitales TWDDMM8DRT

### Технический паспорт продукта Характеристики

### TWDDMM8DRT

discrete I/O module Twido - 4 inputs - 24 V DC  
- 4 outputs - relay

#### Main

Range of product	Twido
Product or component type	Discrete I/O module
Discrete input number	4
Discrete input voltage	24 V
Discrete input voltage type	DC
Discrete output number	4
Discrete output type	Relay
I/O connection	Removable screw terminal block
Number of common point	1I/1O

#### Complementary

Input voltage limits	20.4...28.8 V
Discrete input logic	Sink or source
Discrete input current	7 mA
Input impedance	3.4 kOhm
Filter time	8 ms at state 1 8 ms at state 0
Discrete output function	4 NO
Current per channel	2 A
Current per output common	7 A
Contact resistance	≤ 40000 μOhm
Response time	≤ 7 ms
Insulation between channel and internal logic	1500 Vrms for 1 min (by photocoupler)
Current consumption	5 mA at 5 V DC at state 0 for all inputs/outputs 20 mA at 24 V DC at state 1 for all inputs/outputs 25 mA at 5 V DC at state 1 for all inputs/outputs
Marking	CE
Product weight	0.095 kg

#### Environment

Product certifications	CSA UL
IP degree of protection	IP20
Ambient air temperature for operation	0...55 °C
Ambient air temperature for storage	-25...70 °C
RoHS EUR conformity date	0630
RoHS EUR status	Compliant

The information provided in this documentation contains general descriptions and/or technical characteristics of the products concerned herein. It is the duty of any user or integrator to perform the appropriate and complete risk analysis, evaluation and testing of the products with respect to the relevant specific application or use thereof. Neither Schneider Electric Industries SAS nor any of its affiliates or subsidiaries shall be responsible or liable for misuse of the information contained herein.

## Anexo 3: Datasheet del Módulo de Expansión para Analógicos TM2AMI4LT

### Product data sheet Characteristics

### TM2AMI4LT

analog input module M238- 4 inputs voltage/  
current/temperature- non differential



Product availability: Stock - Normally stocked in distribution facility  
Price\*: 567.00 USD



#### Main

Commercial Status	Commercialised
Range of product	Modicon M238 logic controller
Product or component type	Analog input module
Analogue input number	4
Analogue input type	Temperature probe - 50...150 °C Ni 100/Ni 1000 non differential Temperature probe - 200...600 °C Pt 100/Pt 1000 non differential Voltage 0...10 V non differential Current 4...20 mA non differential
Cross talk	<= 1 LSB

#### Complementary

Range compatibility	Advantys OTB Twido
Analogue input resolution	12 bits
LSB value:	0.05 °C temperature probe Ni 100/Ni 1000 0.2 °C temperature probe Pt 100/Pt 1000 4.8 µA current current 2.5 mV voltage voltage
Permissible continuous overload	40 mA current 13 V voltage
Input impedance	>= 10 kOhm temperature probe 470 Ohm current 10 kOhm voltage
Sampling duration	<= 160 ms
Acquisition period	320 ms per channel + 1 controller cycle time temperature probe 160 ms per channel + 1 controller cycle time voltage/current
Measurement error	+/- 0.4 % of full scale Pt 100/Pt 1000, Ni 100/ Ni 1000 25 °C +/- 0.2 % of full scale 4...20 mA 4...20 mA 25 °C +/- 0.2 % of full scale 0...10 V 0...10 V 25 °C
Temperature coefficient	+/- 0.008 %FS/°C voltage +/- 0.008 %FS/°C current +/- 0.004 %FS/°C temperature probe
Repeat accuracy	+/-0.1 %FS
Non-linearity	+/- 0.02 %FS
Total error	+/-0.5 %FS
Type of cable	Shielded cable
Insulation between channel and internal logic	Photocoupler
Supply	External supply
[Us] rated supply voltage	24 V DC
Supply voltage limits	20.4...28.8 V
Electrical connection	1 removable screw terminal block

The information provided in this document contains general descriptions and/or technical characteristics of the products contained herein. This document is not intended as a substitute for and is not to be used for determining suitability or reliability of these products for specific user applications. It is the duty of any user or integrator to perform the appropriate and complete risk analysis, evaluation and testing of the products with respect to the relevant specific application or use thereof. Neither Schneider Electric Industries SAS nor any of its affiliates or subsidiaries shall be responsible or liable for misuse of the information contained herein. \*Prices are indicative

May 28, 2013

Schneider  
Electric

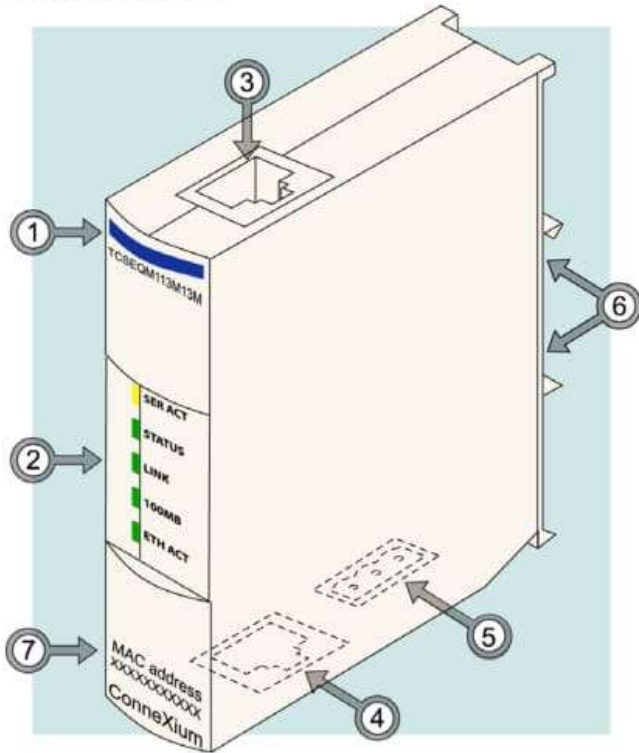
1



Anexo 4: Datasheet del Módulo de Comunicación Ethernet

The TeSysPort Module  
External Features

English



Feature		Function
1	Model name	TCSEQM113M13M
2	LED display	visual indications of TeSysPort's operating status
3	RJ-45 modular jack	communications connection to TeSysPort' RS-485 port (cable not supplied) <b>Note:</b> The RS-485 cable must not be greater than 3 m. <b>Note:</b> All communication cables must be shielded for optimal performance.
4	RJ-45 modular jack	connection to TCP/IP over Ethernet cable (not supplied)
5	power terminal	power input using 3-position open style connector (connector included)
6	DIN rail connector	for DIN rail mounting
7	MAC address	indicates MAC address



## Anexo 5: Instalación para Variador de Frecuencia HPVFE Universal AC Drive

### 1-14 Installation/Wiring

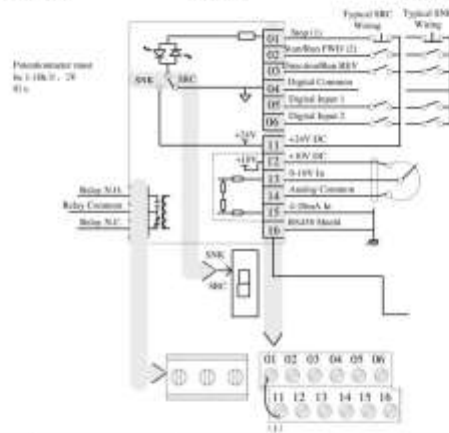
Figure 1.5 Control Wiring Block Diagram

(1) Important: I/O Terminal 01 is always a coast to stop input except when P106 [Start Source] is set to "3-Wire" control. In three wire control, I/O Terminal 01 is controlled by P107 [Stop Mode]. All other stop sources are controlled by P107 [Stop Mode]. Important: The drive is shipped with a jumper installed between I/O Terminals 01 and 11. Remove this jumper when using I/O Terminal 01 as a stop or enable input.

P106[Start Source]	Stop	I/O Terminal 01 Stop
Keypad	Par P107	Coast
3-Wire	Par P107	Per P107
2-Wire	Par P107	Coast
RS485 Port	Par P107	Coast

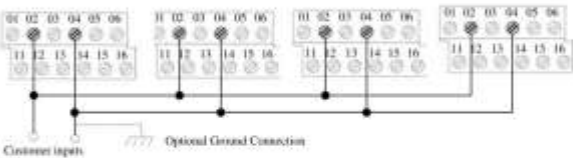
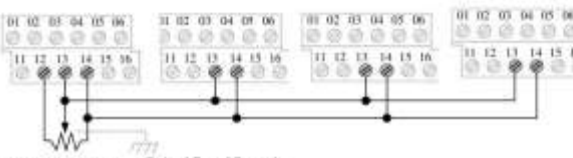
(2) Two wire control shown. For three wire control use a momentary input  on I/O Terminal 02 to command a start. Use a maintained input  for I/O Terminal 03 to change direction.

	30V DC	125 V DC	240V DC
Resistive	3.0A	3.0A	3.0A
Inductive	0.5A	0.5A	0.5A



No.	Signal	Default	Description	Param.
R1	Relay N.O.	Fault	Normally open contact for output relay.	I221
R2	Relay Common	—	Common for output relay.	
R3	Relay N.C.	Fault	Normally closed contact for output relay.	I221
Sink/Source DIP Switch		Source (SRC)	Inputs can be wired as Sink (SNK) or Source (SRC) via DIP Switch setting.	
01	Stop (1)	Coast	The factory installed jumper or a normally closed input must be present for the drive to start.	P106 (1)
02	Start/Run FWD	Not Active	Command comes from the integral keypad by default. To disable reverse operation, see A095 [Reverse Disable].	P106, P107
03	Start/Run REV	Not Active	Command comes from the integral keypad by default. To disable reverse operation, see A095 [Reverse Disable].	P106, P107, A634
04	Digital Common	—	For digital inputs. Electronically isolated with digital inputs from analog I/O.	
05	Digital Input 1	Preset Freq	Program with I201 [Digital In1 Sel].	I201
06	Digital Input 2	Preset Freq	Program with I202 [Digital In2 Sel].	I202
11	+24V DC	—	Drive supplied power for digital inputs. Maximum output current is 100mA.	

Input	Connection Example	
<b>2 Wire SRC Control - Non-Reversing</b> <b>P106</b> [Start Source] = 2, 3 or 4 Input must be active for the drive to run. When input is opened, the drive will stop as specified by <b>P107</b> [Stop Mode]. If desired, a User Supplied 24V DC power source can be used. Refer to the "External Supply (SRC)" example.	Internal Supply (SRC)	External Supply (SRC)
<b>2 Wire SNK Control - Non-Reversing</b>	Internal Supply (SNK)	
<b>2 Wire SRC Control - Run FWD/Run REV</b> <b>P106</b> [Start Source] = 2, 3 or 4 Input must be active for the drive to run. When input is opened, the drive will stop as specified by <b>P107</b> [Stop Mode]. If both Run Forward and Run Reverse inputs are closed at the same time, an undetermined state could occur.	Internal Supply (SRC)	External Supply (SRC)
<b>2 Wire SNK Control - Run FWD/Run REV</b>	Internal Supply (SNK)	

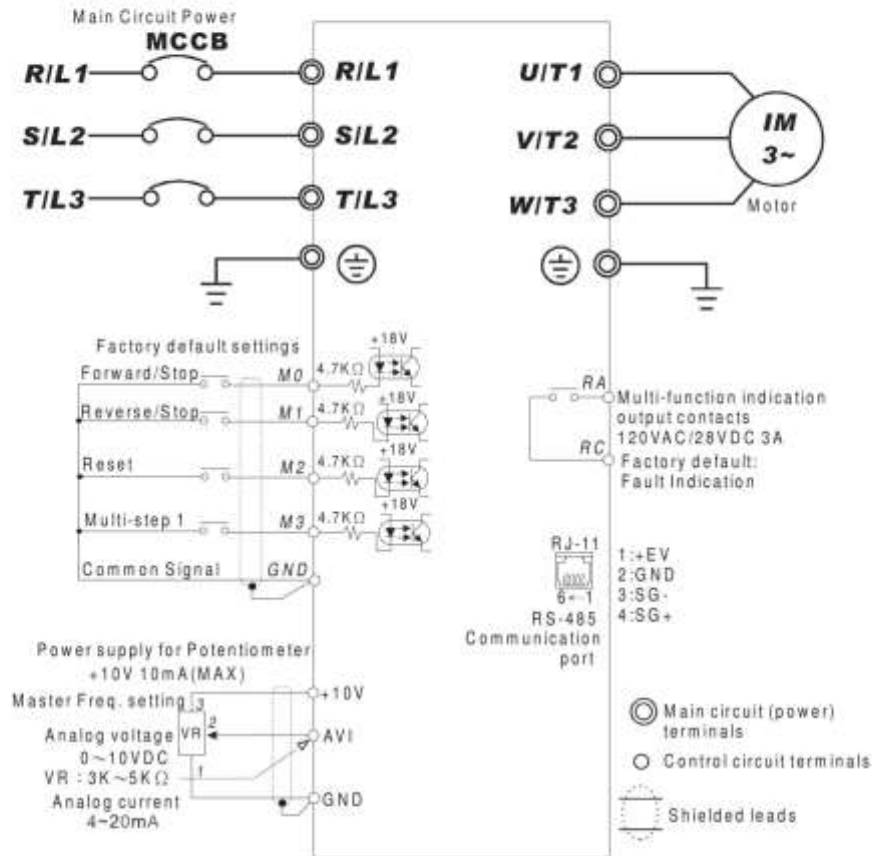
Input	Connection Example
<b>Multiple Digital Input</b> <b>Connections</b> Customer inputs can be wired per External Supply (SRC) examples on <a href="#">page 23</a>	 <p>When connecting a single input such as Run, Stop, Reverse or Preset Speeds to multiple drives, it is important to connect I/O Terminal 04 common together for all drives. If they are to be tied into another common (such as earth ground or separate apparatus ground) only one point of the daisy chain of I/O Terminal 04 should be connected.</p> <p><b>⚠ ATTENTION:</b> Digital inputs on multiple drives should <b>not</b> be tied together when using SNK (Internal Supply) mode. In SNK mode, if power is removed from one drive, inadvertent operation of other drives that share the same I/O Common connection may occur.</p>
<b>Multiple Analog Connections</b>	 <p>When connecting a single potentiometer to multiple drives it is important to connect I/O Terminal 14 common together for all drives. I/O Terminal 14 common and I/O Terminal 13 (potentiometer wiper) should be daisy-chained to each drive. All drives must be powered up for the analog signal to be read correctly.</p>

## Anexo 6: Instalación del Variador de Frecuencia Delta VFD-L



### 3.1 Basic Wiring Diagram

Users must connect wiring according to the circuit diagram shown below. Please follow all National and State wiring codes, when wiring the VFD-L.




**NOTE:** Do not plug in a Modem or telephone line to the RS-485 communication port, permanent damage may result. Terminals 1 & 2 are the power source for the optional copy keypad and should not be used while using RS-485 communication.

\*If the AC Drive model is VFD002L11A/B, VFD004L11A/B, VFD002L21B, VFD004L21B or VFD007L21B, please use power terminals R/L1 and S/L2.

\*If the AC Drive model is VFD002L21A, VFD004L21A or VFD007L21A, 3 phase power may be used on R/L1, S/L2, T/L3.

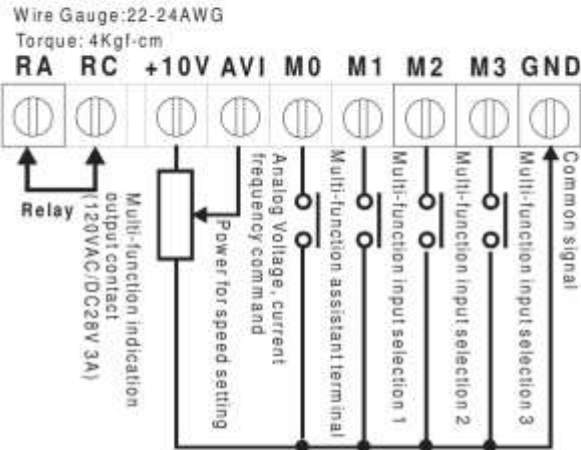
\*If the AC Drive model is VFD015L23A, single phase power is not allowed.

### 3.2 Terminal Explanations

Terminal Symbol	Explanation of Terminal Function
R/L1, S/L2, T/L3	AC line input terminals
U/T1, V/T2, W/T3	AC drive output terminals motor connections
	Earth Ground

3

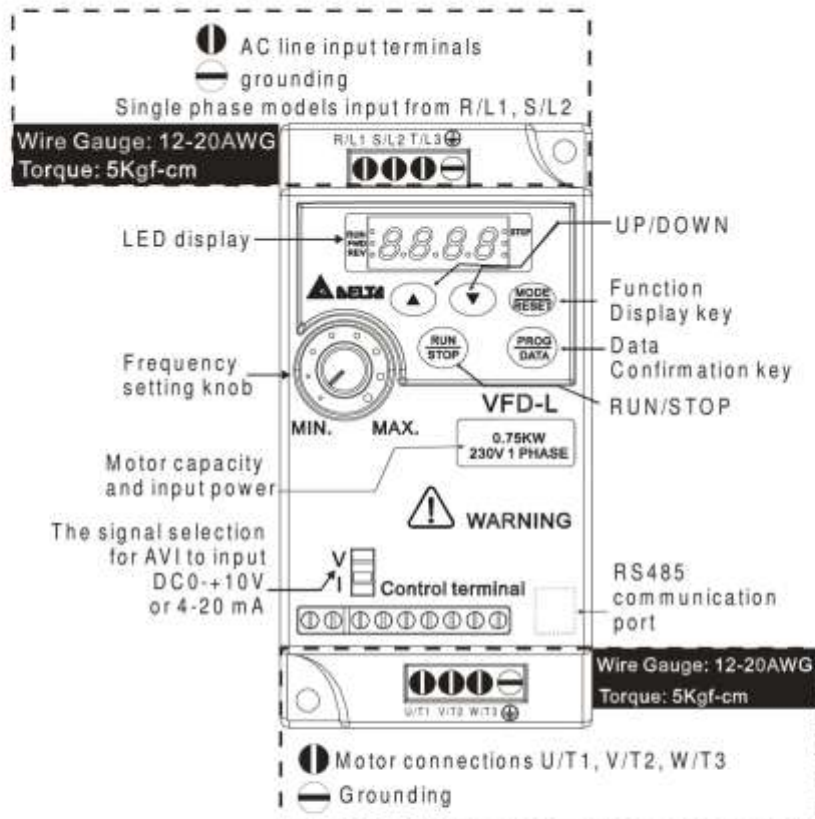
### 3.3 Control Terminals Explanations



Terminal Symbols	Terminal Functions	Factory Settings
MI0	Multi-function Input 0	Refer to Pr.04-04 to Pr.04-06 Multi-function Input Terminals
MI1	Multi-function Input 1	
MI2	Multi-function Input 2	
MI3	Multi-function Input 3	
RA	Multi-function Relay output (N.O.) a	120Vac, 3A
RC	Multi-function Relay common	24Vdc, 3A
		Refer to Pr.03-03
+10V	Potentiometer power source	+10V 20mA
AVI	Analog voltage/ Input current	0 to +10V / 4 to 20mA

\* Control signal wiring size: 22-24 AWG (0.3-0.2 mm<sup>2</sup>).

### 3.4 Main Circuit Wiring



Control Terminal

Torque: 4Kgf-cm (3 in-lbf)

Wire: 22-24 AWG

Power Terminal

Torque: 5Kgf-cm (4.33 in-lbf)

Wire: 12-20 AWG

## Anexo 7: Características de la Fuente HDR120-24



120W Single Output Industrial DIN RAIL Power Supply

**DR-120 series**



### ■ Features :

- AC input range selectable by switch
- Protections: Short circuit / Overload / Over voltage / Over temperature
- Cooling by free air convection
- Can be installed on DIN rail TS-35/7.5 or 15
- UL 508(industrial control equipment)approved
- LED indicator for power on
- 100% full load burn-in test
- Fixed switching frequency at 55KHz
- 3 years warranty



### SPECIFICATION

MODEL	DR-120-12		DR-120-24	DR-120-48
OUTPUT	DC VOLTAGE	12V	24V	48V
	RATED CURRENT	10A	5A	2.5A
	CURRENT RANGE	0 ~ 10A	0 ~ 5A	0 ~ 2.5A
	RATED POWER	120W	120W	120W
	RIPPLE & NOISE (max.) <small>Note.2</small>	80mVp-p	80mVp-p	100mVp-p
	VOLTAGE ADJ. RANGE	12 ~ 14V	24 ~ 28V	48 ~ 53V
	VOLTAGE TOLERANCE <small>Note.3</small>	± 2.0%	± 1.0%	± 1.0%
	LINE REGULATION	± 0.5%	± 0.5%	± 0.5%
INPUT	LOAD REGULATION	± 1.0%	± 1.0%	± 1.0%
	SETUP, RISE TIME	500ms, 70mA/230VAC	500ms, 70mA/115VAC at full load	
	HOLD UP TIME (Typ.)	36ms/230VAC	32ms/115VAC at full load	
	VOLTAGE RANGE	88 ~ 132VAC/176 ~ 264VAC by switch	248 ~ 370VDC	
	FREQUENCY RANGE	47 ~ 63Hz		
	EFFICIENCY (Typ.)	80%	84%	85%
	AC CURRENT (Typ.)	2.6A/115VAC	1.6A/230VAC	
	INRUSH CURRENT (Typ.)	COLD START 20A/115VAC	40A/230VAC	
PROTECTION	LEAKAGE CURRENT	<3.5mA / 240VAC		
	OVERLOAD	105 ~ 150% rated output power Protection type : Constant current limiting, recovers automatically after fault condition is removed		
	OVER VOLTAGE	15 ~ 16.5V Protection type : Shut down o/p voltage, re-power on to recover	29 ~ 33V	58 ~ 65V
	OVER TEMPERATURE	85°C ± 5°C (TSW1) Protection type : Shut down o/p voltage, recovers automatically after temperature goes down	90°C ± 5°C (TSW1)	90°C ± 5°C (TSW1)
	ENVIRONMENT	WORKING TEMP.	-10 ~ +60°C (Refer to "Derating Curve")	
WORKING HUMIDITY		20 ~ 90% RH non-condensing		
STORAGE TEMP., HUMIDITY		-20 ~ +85°C, 10 ~ 95% RH		
TEMP. COEFFICIENT		± 0.03%/°C (0 ~ 50°C)		
VIBRATION		10 ~ 500Hz, 2G 10min./1cycle, 60min. each along X, Y, Z axes; Mounting: Compliance to IEC60068-3-6		
SAFETY & EMC <small>(Note 4)</small>	SAFETY STANDARDS	UL508, UL60950-1, TUV EN60950-1 approved		
	WITHSTAND VOLTAGE	I/P-O/P:3KVAC I/P-FG:1.5KVAC O/P-FG:0.5KVAC		
	ISOLATION RESISTANCE	I/P-O/P, I/P-FG, O/P-FG:100M Ohms / 500VDC / 25°C / 70% RH		
	EMC EMISSION	Compliance to EN55011, EN55022 (CISPR22) Class B, EN61000-3-2, -3		
OTHERS	EMC IMMUNITY	Compliance to EN61000-4-2, 3, 4, 5, 6, 8, 11, EN55024, EN61000-6-2 (EN50082-2), heavy industry level, criteria A		
	MTBF	432,1Khrs min. MIL-HDBK-217F (25°C)		
	DIMENSION	65.5*125.2*100mm (W*H*D)		
	PACKING	0.79Kg/ 20pcs/18.5Kg/1.29CUFT		
NOTE	1. All parameters NOT specially mentioned are measured at 230VAC input, rated load and 25°C of ambient temperature. 2. Ripple & noise are measured at 20MHz of bandwidth by using a 12" twisted pair wire terminated with a 0.1uF & 47uF parallel capacitor. 3. Tolerance : includes set up tolerance, line regulation and load regulation. 4. The power supply is considered a component which will be installed into a final equipment. The final equipment must be re-confirmed that it still meets EMC directives.			



## Anexo 8: Características Técnicas de las Electroválvulas de Vapor

Válvulas solenoides para vapor 2 vías 110 VAC US-15 UNI-D Catálogo Inglés [www.viaindustrial.com](http://www.viaindustrial.com)

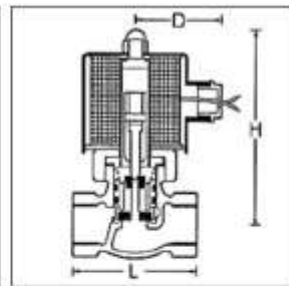


[www.viaindustrial.com](http://www.viaindustrial.com)

UNI-D



### US Series



1. US series is multiplex-drive, piston guide ,conductive normal close.
2. Valve body made of cast bronze.
3. Standard voltage: 110VAC / 220VAC / 24VDC
4. Other special AC/DC can be made to client's order.
5. Screwed end: BSPT , NPT , BSP.
6. The standard product fluid temperature is 185°C(PTFE).
8. In special case ,US can made 20 kgf/ cm², 30kgf/cm² 40 kgf/cm² Please state the type of fluid with your order.
9. AC Voltage tolerance:  $\pm 10\%$  .  
DC Voltage tolerance:  $\pm 1\%$ .

[www.viaindustrial.com](http://www.viaindustrial.com)

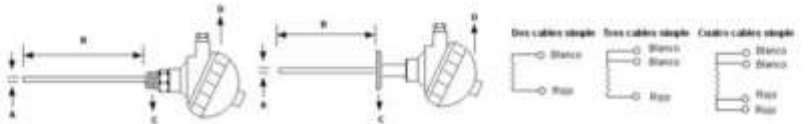
Válvulas solenoides para vapor 2 vías 110 VAC US-15 UNI-D Catálogo Inglés [www.viaindustrial.com](http://www.viaindustrial.com)

Anexo 9: Características Técnicas de los Sensores de Temperatura PT100 con Rosca

Termoresistencia PT100 con cabezote rosca VIA Catálogo Español [www.viaindustrial.com](http://www.viaindustrial.com)



Termoresistencias PT100 con Cabezote



Termoresistencia PT100 tipo Industrial (Configuración estándar)			
• Material del bulbo: SS304			
• Cabezote con terminales (D): Aluminio Grande IP65 con 3 Terminales			
Numero de hilos ⇄			3 Hilos Simple
Clase del elemento (Elemento simple) ⇄			PT100 Clase B
Temperatura Máxima de trabajo ⇄			260 °C
Diámetro exterior del bulbo OD (A) ⇄			1/4" OD
Imagen	Conexión al proceso estándar (C)	Longitud del bulbo en pulgadas (B)	
		2"	125202
		4"	125204
		6"	125206
		8"	125208
		12"	125210
		18"	125212
		24"	125214
		2"	125216
		4"	125218
		6"	125220
		8"	125222

[www.viaindustrial.com](http://www.viaindustrial.com)

Termoresistencia PT100 con cabezote rosca VIA Catálogo Español [www.viaindustrial.com](http://www.viaindustrial.com)

**Anexo 10:** Guía de Usuario e Instalación del Software HMI



GUÍA DE USUARIO E INSTALACIÓN  
FABIÁN FIALLOS Y ERIK ZURITA

ESPOCH | LABORATORIO DE PROCESOS INDUSTRIALES

## Contenido

1.- INTRODUCCIÓN .....	1
2.- HMI .....	1
3.- CARACTERÍSTICAS DE UN HMI.....	1
4.- REQUISITOS NECESARIOS PARA LA INSTALACIÓN DEL SOFTWARE HMI.....	2
5.- PROCEDIMIENTO PARA LA INSTALACIÓN DEL SOFTWARE HMI .....	2
6.- FUNCIONAMIENTO DEL HMI .....	11
6.1.- OPCIONES DEL SISTEMA.....	12
6.2.- DATOS DEL REACTOR CON CHAQUETA 1 Y REACTOR CON CHAQUETA 2.....	12
6.3.- DATOS DINÁMICOS .....	15
6.4 DATOS DINAMICOS REACTOR 1 Y DATOS DINAMICOS REACTOR 2 .....	16
7.- PRINCIPALES PROBLEMAS DEL HMI .....	16
8.- RECOMENDACIONES DEL USO DEL HMI.....	17

## 1.- INTRODUCCIÓN

Desde el siglo XVIII donde se produjo la llamada "REVOLUCIÓN INDUSTRIAL", aparecieron nuevas técnicas y métodos para la producción masiva de productos comestibles, vestimentas, entre otros; creando la necesidad para el surgimiento de sistemas de automatización que tiene como propósito mantener un funcionamiento automático dispositivos permitiendo la creación de productos, es decir se disminuyó el uso de mano de obra humana teniendo como objetivo mejorar la eficiencia de producción.

Estos sistemas de automatización dieron paso a la creación de varios dispositivos controladores como también al uso de sensores, actuadores y transmisores, permitiendo establecer sistemas automáticos.

La evolución de la tecnología puso a prueba la invención de HMI (Human Machine Interface) siendo estos los que nos muestran una interfaz que nos permiten la comunicación en la máquina o dispositivo y el ser humano; estas interfaces nos permiten realizar monitoreo, control dependiendo de la necesidad requerida.

## 2.- HMI

Una interfaz de usuario asistida por ordenador, actualmente una interfaz de uso, también conocida como interfaz hombre-máquina (IHM), forma parte del programa informático que se comunica con el usuario. En ISO 9241-110, el término interfaz de usuario se define como "todas las partes de un sistema interactivo (software o hardware) que proporcionan la información y el control necesarios para que el usuario lleve a cabo una tarea con el sistema interactivo".

La interfaz de usuario / interfaz hombre-máquina (HMI) es el punto de acción en que un hombre entra en contacto con una máquina. El caso más simple es el de un interruptor: No se trata de un humano ni de una "máquina" (la lámpara), sino una interfaz entre los dos. Para que una interfaz hombre-máquina (HMI) sea útil y significativa para las personas, debe estar adaptada a sus requisitos y capacidades. Por ejemplo, programar un robot para que encienda la luz sería demasiado complicado y un interruptor en el techo no sería práctico para una luz en un sótano.

## 3.- CARACTERÍSTICAS DE UN HMI

- Indicación del estado del proceso:

Para ello se pueden utilizar: equipos convencionales, terminales de video, impresoras, registradores, diodos emisores de luz (LED). Para la selección en pantallas se pueden emplear: mouse, teclado, lápiz óptico, touch screen.

- Tratamiento e indicación de alarmas (buscan informar al operador de una situación anormal):

Las alarmas se pueden representar:

- En la propia pantalla, mediante símbolos que aparecen intermitentemente, cambios repetidos de color en el nombre de alguna variable o grupo, intermitencia de textos, mensajes etc.
- Mediante el uso de videos específicos.
- Mediante indicación sonora.
- Utilizando impresoras para imprimir los mensajes de alarma.

- Ejecución de acciones de mando:

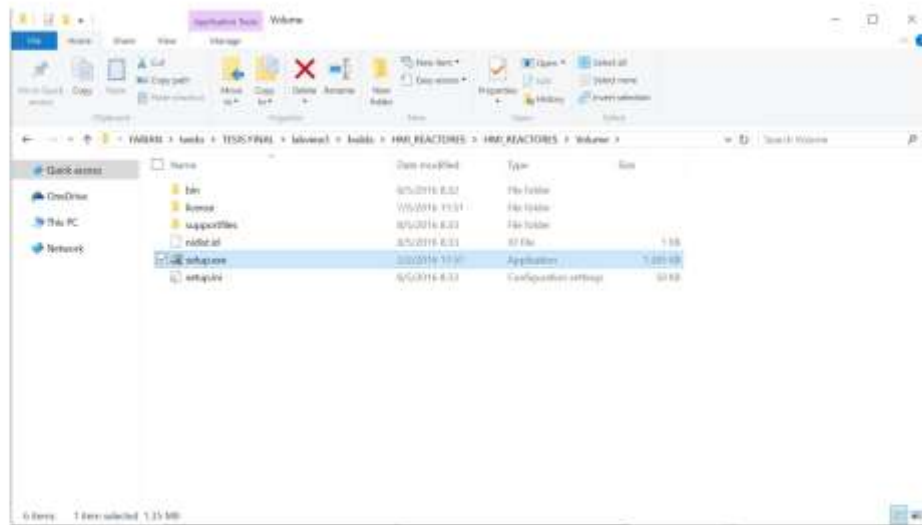
Estas se pueden realizar por técnicas convencionales (pulsadores, interruptores, potenciómetros, etc.), o mediante teclados, lápiz óptico, mouse, pantallas táctiles, etc. Las características del puesto de mando deben estudiarse cuidadosamente. Con el puesto de mando se debe buscar comodidad para el operador: temperatura estable, presión atmosférica ligeramente superior al exterior, muebles cómodos y funcionales, buena iluminación.

#### 4.- REQUISITOS NECESARIOS PARA LA INSTALACIÓN DEL SOFTWARE HMI

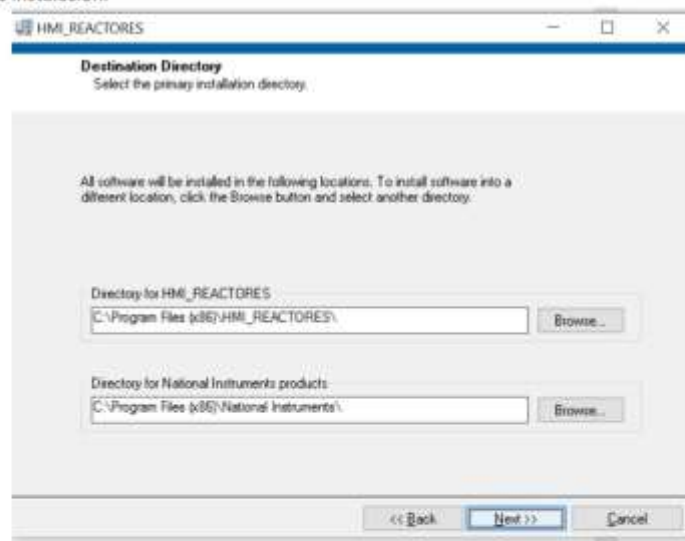
Procesador:	Pentium Core Duo o superior
RAM:	1 GB o superior
Resolución de pantalla:	1024x768 pixeles
Sistema Operativo:	Windows XP o superior
Espacio en disco:	1.6 GB

#### 5.- PROCEDIMIENTO PARA LA INSTALACIÓN DEL SOFTWARE HMI

1. Abrir la carpeta HMI\_REACTORES



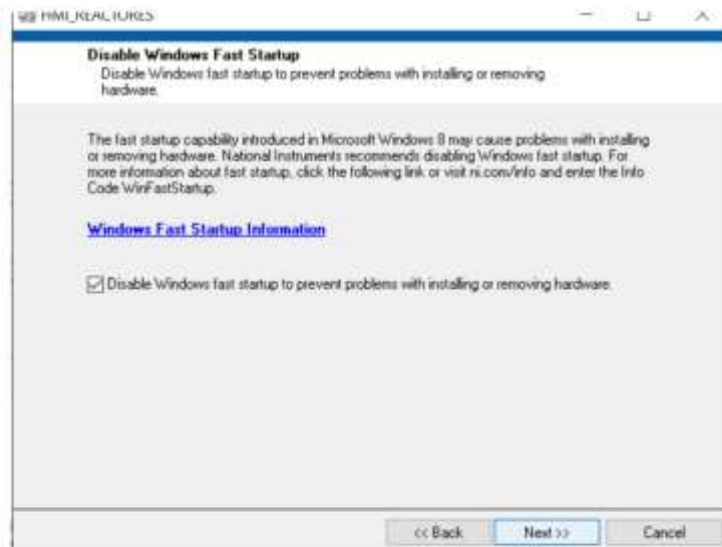
2. Ejecutar la aplicación setup.exe
3. Dar los permisos necesarios
4. Dar click en Next si desea mantener la instalación recomendada, sino cambiar el destino de instalación.



5. Aceptar el contrato de licencia y dar click izquierdo en Next.

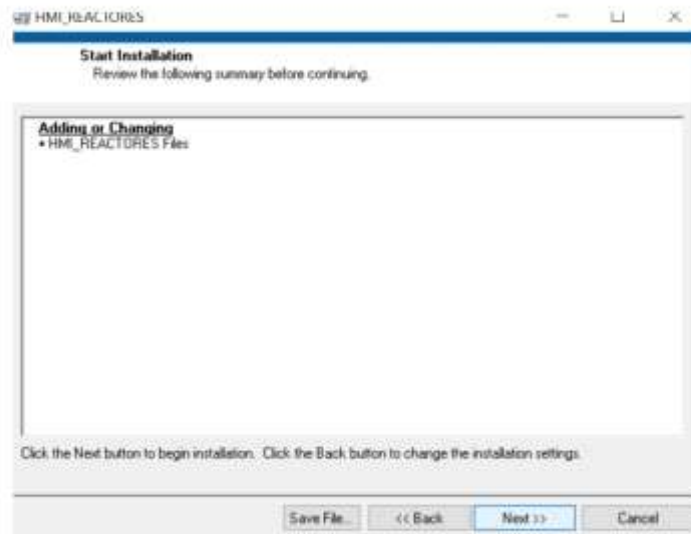


6. En la pantalla siguiente dar click en Next.

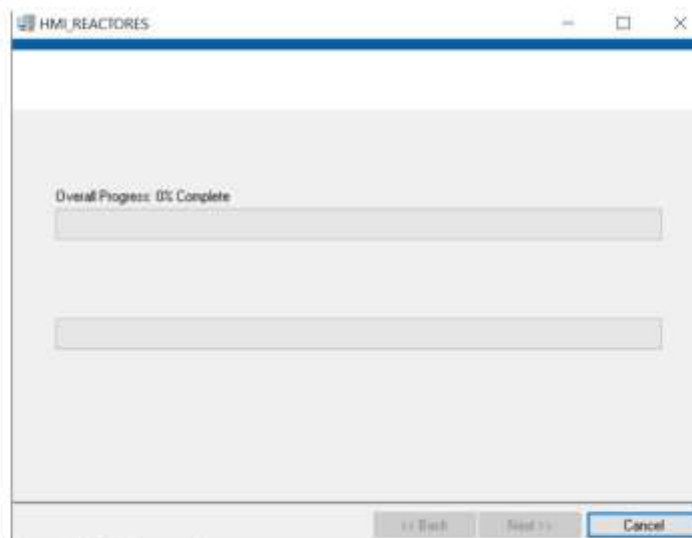


7. En la pantalla de comenzar instalación dar click en Next.



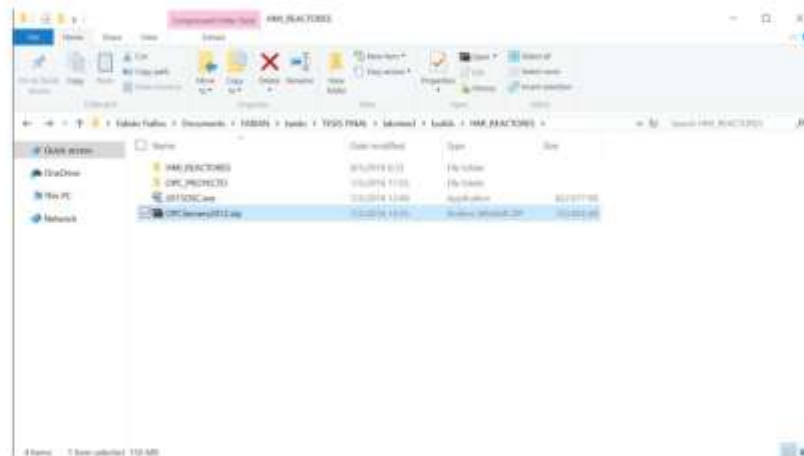


8. Comenzará la instalación



9. Terminada la instalación dar click en FINISH.
10. La aplicación se instalará en el menú principal de Windows.
11. Antes de abrir la aplicación es necesario instalar el software OPC SERVER de labview.

12. Para instalar OPC SERVER debemos abrir la carpeta donde se encuentra nuestro software y descomprimir el archivo

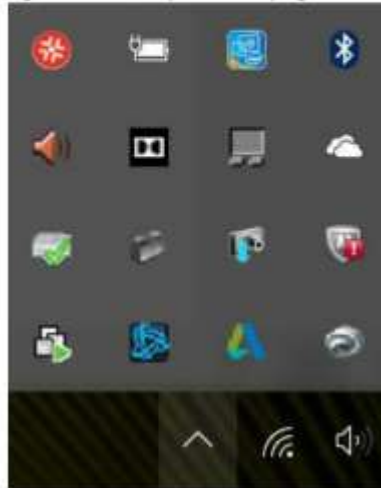


13. Descomprimido nuestro archivo procedemos a dar doble click en el archivo setup.exe  
14. Damos Next en todos los pasos pedeterminados.

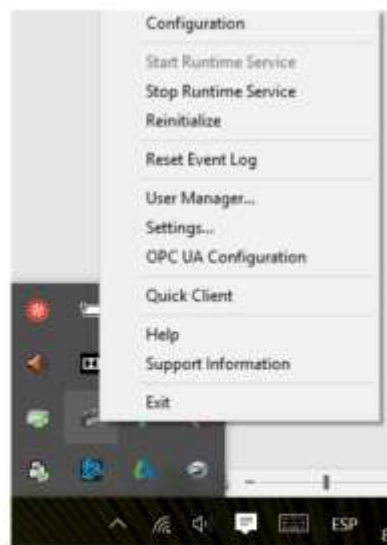
15. Finalizada la instalación procedemos a buscar NI OPC Servers Administration haciendo uso de nuestro buscador en Windows.



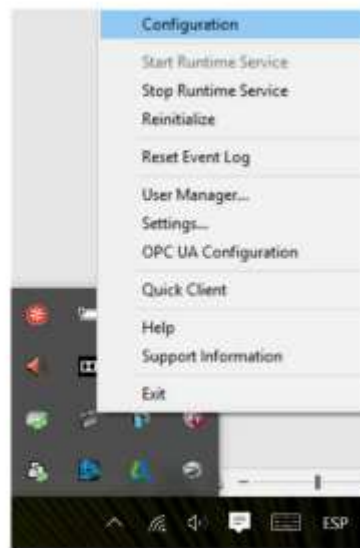
16. Al abrir esta dirección OPC server se nos habilitará en nuestra barra de Windows, donde esta el icono de una flecha hacia arriba.
17. Dar click a la flecha dirigida hacia arriba y se nos desplegará varios íconos.



18. Dar doble click en el icono con forma de maletín de color plomo.



19. Al desplegarse una barra de opciones damos click en Configuration.



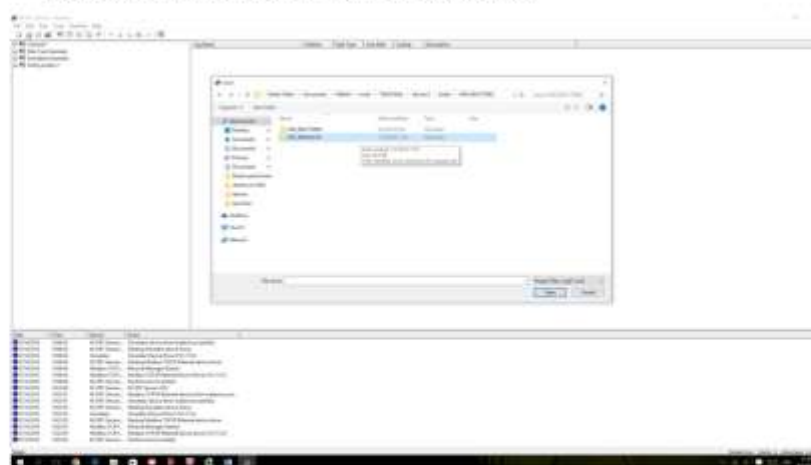
20. Se nos abrirá la interfaz del NI OPC Server.



21. Nos dirigimos a la opción de abrir y damos click.

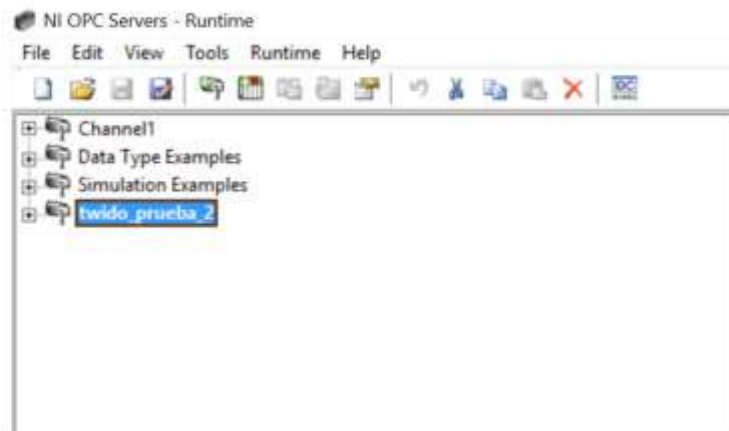


22. Buscamos en la carpeta OPC\_PROYECTO y la abrimos.



23. En esta carpeta se encuentra nuestras variables para el funcionamiento adecuado el HMI, seleccionamos el archivo de nuestras variables y damos click en open.





26. Hemos realizado con éxito la instalación de nuestro servidor.

27. Lo siguiente será abrir el ejecutable EVAPORADORES, ya instalado previamente.

## 6.- FUNCIONAMIENTO DEL HMI

El HMI está destinado para enviar datos y recibir datos con la finalidad de conocer la actividad de la "MARMITA PARA LA ELABORACIÓN DE QUESO Y EL MEZCLADOR PARA LA OBTENCIÓN DE CREMA SOLAR".

Al ejecutar el software previamente instalado nos aparecerá la siguiente pantalla:



Esta pantalla es la presentación de la aplicación. En la parte superior observamos pestañas que nos permitirán desplazarnos entre varias pantallas que contiene el HMI.

#### 6.1.- OPCIONES DEL SISTEMA

La pestaña opciones del sistema nos presenta en botones todas las opciones que presenta nuestro HMI y al dar click nos dirigirá a la pantalla seleccionada.



#### 6.2.- DATOS DEL REACTOR CON CHAQUETA 1 Y REACTOR CON CHAQUETA 2



En esta pantalla del HMI mostrarán todos los datos que tenemos que ingresar para dar comienzo al funcionamiento de la MARMITA PARA LA ELABORACIÓN DE QUESO.



El dato del reactor con chaqueta se compone de 3 partes principalmente.

- Panel de botonería: Esta sección del panel nos permite visualizar y controlar el equipo dependiendo la función de cada uno de los botones y luces piloto.



Entre los botones tenemos:

- ✓ **PARO DE EMERGENCIA:** Este botón nos permite parar el funcionamiento de todos nuestros actuadores en caso de emergencia; ejemplo para medir externamente la temperatura del producto. Para que tenga un adecuado funcionamiento de detención de dispositivos lo tenemos que dejar aplastado hasta el momento que se requiera detener el proceso, para continuar con el proceso se debe dejar en el estado normal o sin aplastar.
- ✓ **DESFOQUE:** Es un botón que nos permite realizar el desfogue de condensado almacenado en el equipo, es recomendable realizarlo al terminar un proceso y cuando el equipo se encuentre en estado DESACTIVADO.
- ✓ **START:** Permite inicializar el proceso. Se lo debe aplastar alrededor de unos 3 segundos y dejar de aplastar.

- ✓ PARO: Tiene la función de detener y resetear todo el proceso del equipo. Es recomendable apastarlo por 3 segundos.

Entre las luces piloto tenemos:

- ✓ EQUIPO ACTIVADO: Visualiza cuando se encuentra activado el proceso del equipo.
- ✓ EQUIPO DESACTIVADO: Visualiza cuando se encuentra detenido o desactivado el proceso del equipo.
- Panel de escritura: Nos permite el ingreso de nuestras variables.



El panel escritura se encuentra dividido por 4 variables.

- ✓ TEMPERATURA MAXIMA: Esta opción nos permitirá ingresar la variable de temperatura máxima que se requiera, donde se mantendrá en este límite el proceso y está dado en grados centígrados, siempre debe ser mayor a la *Temperatura Mínima*. Para la producción de queso debemos ingresar la temperatura máxima de 70.
- ✓ TEMPERATURA MINIMA: Es el límite inferior en el que se encontrara el proceso. Se recomienda digitar de 1 a 2 grados centígrados menos que nuestra temperatura máxima.
- ✓ TIEMPO DE COCCION: Esta variable nos permitirá controlar el tiempo en minutos que tiene que mantenerse en cocción el producto. Para el queso se recomienda digitar 45 minutos.
- ✓ TIEMPO DE ENFRIAMIENTO: Es el tiempo del proceso que se ejecutará luego de la cocción para enfriar nuestro producto. Esta variable para el queso se debe digitar 50 minutos.
- ✓ TIEMPO DE OPERACIÓN: Es la suma del tiempo de cocción y el tiempo de enfriamiento.
- Panel de lectura. Esta sección muestra los datos actuales del proceso que se encuentra en ejecución.



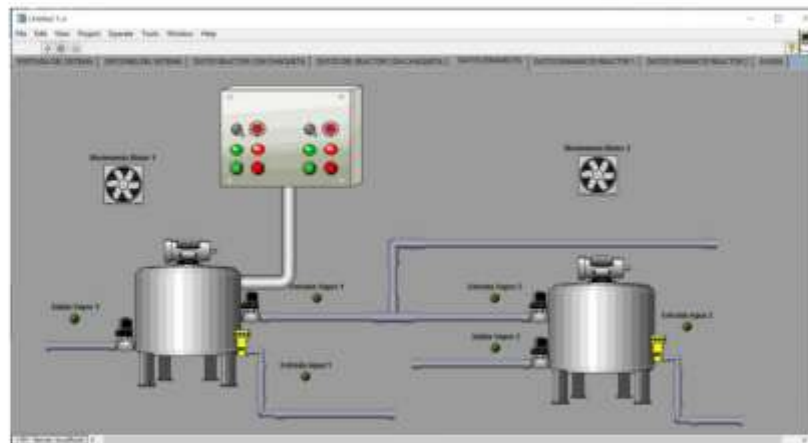
Contiene las siguientes lecturas:

- ✓ LECTURA DE TEMPERATURA: Muestra la temperatura que se encuentra el producto.
- ✓ LECTURA DEL TIEMPO DE COCCION: Visualiza el tiempo transcurrido en cocción el producto.
- ✓ LECTURA DEL TIEMPO DE ENFRIAMIENTO: Es el tiempo después de la cocción, en el que el producto se encuentra enfriando.
- ✓ LECTURA DEL TIEMPO DE OPERACIÓN: Es el tiempo transcurrido desde la ejecución inicial del proceso.

### 6.3.- DATOS DINÁMICOS

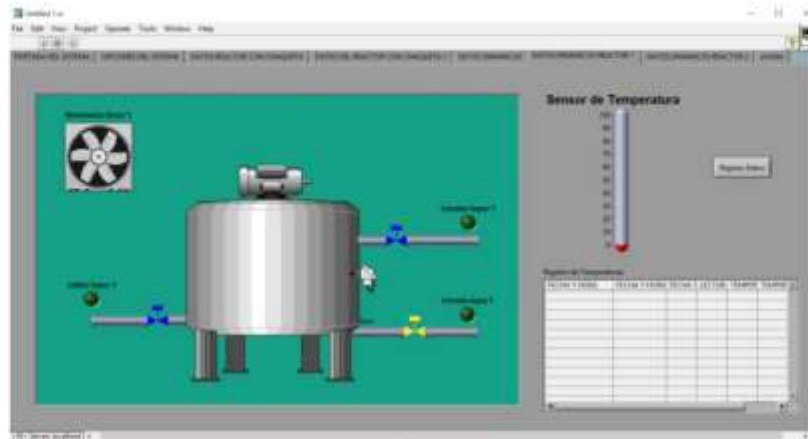
Es la pantalla donde que nos permite monitorear el fluido de vapor, el funcionamiento del motor y electroválvulas. Según el color de los dispositivos mostrados en pantalla podremos saber lo que el equipo se encuentra realizando.

Cuando el motor se encuentre encendido el gráfico con forma de ventilador girará.





#### 6.4 DATOS DINAMICOS REACTOR 1 Y DATOS DINAMICOS REACTOR 2

Muestra el proceso de manera gráfica de los reactores de forma individual, así como también muestra el registro que se encuentra en constante almacenamiento desde que se inicializa el HMI.



#### 7.- PRINCIPALES PROBLEMAS DEL HMI

- No se muestra la temperatura actual del equipo desde la primera ejecución del HMI.  
Solución:
  - ✓ Verificar si el servidor VI OPC SERVER se encuentra con comunicación haciendo uso de la opción QUICK CLIENT.
  - ✓ Verificar si los cables de poder del equipo se encuentran conectados correctamente a las tomas de corriente.
  - ✓ Si los anteriores puntos se encuentran correctos reinstalar el software.
- Dejó de aparecer la temperatura en el HMI.  
Solución:
  - ✓ Debajo de la barra de menú se encuentran 3 opciones.  

  - ✓ Hacer click en la opción *Abort Execution*.  


- ✓ Luego dar click en la opción *Run*.



## 8.- RECOMENDACIONES DEL USO DEL HMI

- Aplastar durante 3 segundos el botón START o STOP para cumplir con su función.
- Mantener aplastado el botón PARO DE EMERGENCIA durante el tiempo necesario para detener los actuadores.
- Realizar el desfogue del equipo cuando no se encuentre activado con el botón DESFOGUE al terminar el proceso.
- Ingresar temperaturas no mayores a 100 °C.
- Monitorear constantemente el HMI para conocer el estado del equipo.

## Anexo 11: Características de Cables Dodge Phelps



PHELPS DODGE Cables

Insulación PVC

Soldadura

Batería

Cable Insulación PVC 105 °C 600 V (Automotriz - Flexible - Cableado clase "T")						
Calibre (AWG)	N° hilos	Diámetro ext. (mm)	Peso aprox. (Kg/Km)	Precio Bs. x 100 m	Precio Bs.F x 100 m	
20	7	2,8	12	126.800,00	126,80	
18	10	3,0	14	140.800,00	140,80	
16	16	3,3	20	214.700,00	214,70	
14	26	3,7	29	403.900,00	403,90	
12	41	4,2	42	640.100,00	640,10	
10	65	5,3	66	1.020.700,00	1.020,70	
8	104	6,6	101	1.624.000,00	1.624,00	
6	165	7,7	150	2.571.700,00	2.571,70	
4	263	10,3	249	3.999.000,00	3.999,00	
2	416	12,0	376	6.194.100,00	6.194,10	

Colores: negro, blanco, rojo, verde, azul, amarillo, gris, naranja, violeta y marrón

Aplicación: Conexión de control e instrumentación en tableros eléctricos, equipos móviles y uso automotriz

Cable soldadura PVC 105 °C 600 V - Flexible - Cableado clase "K"						
Calibre (AWG)	N° hilos (30 AWG)	Capacidad (Amp) intermitente	capacitivo	Diámetro ext. (mm)	Radio min. curvatura (mm)	Peso aprox. (Kg/Km)
6	266			11,2	54	223
4	420	160	146	12,6	68	315
2	665	240	197	14,4	84	460
1/0	1064	425	273	17,7	101	720
2/0	1323	525	318	19	111	870
3/0	1666	600	371	21,3	122	1090
4/0	2107	680	434	23	133	1.330
						28.191,200,00

Colores: negro

Aplicación: Equipos de soldadura por arco, conexiones flexibles fijas hasta 600V que no excedan su capacidad continua

Cable batería PVC 105 °C 60 VHz - 25 Vdc - Flexible - Cableado clase "T"						
Calibre (AWG)	N° hilos	Capacidad (Amp)	Diámetro ext. (mm)	Peso aprox. (Kg/Km)	Precio Bs. x 100 m	Precio Bs.F x 100 m
8					2.602.900,00	2.602,90
6	65	98	8,7	180	2.973.700,00	2.973,70
4	103	130	10,6	280	3.999.000,00	3.999,00
2	164	175	12,2	410	6.194.100,00	6.194,10
1/0	261	238	14,7	640	11.014.200,00	11.014,20
2/0	329	275	16,2	810	15.469.800,00	15.469,80

Colores: negro y rojo

Aplicación: Conexión de baterías

Cable telefónico por local CANTV						
Calibre (AWG)	N° pares	Diámetro ext. (mm)	Categoría	Peso aprox. (Kg/Km)	Precio Bs. x 100 m	Precio Bs.F x 100 m
24	1	3,7	3	25	2.000,00	2,00
24	2	5,1	2	40	3.000,00	3,00
24	4	6,1	2	60	5.000,00	5,00
24	6	6,5	2	80	7.100,00	7,10
24	12	10,9	2	160	13.800,00	13,80
24	25	17,3	2	270	27.400,00	27,40

Aplicación:

- Uso telefónico: NOTA: Los cables telefónicos se venden en bobinas de 305mts., con excepción de un (1) par cat 3 que se vende en carretes de 1000 mts.

Cable UTP y coaxial				Precio Bs. x 100 m	Precio Bs.F x 100 m
Referencia	Descripción				
1583A	Cable UTP CAT. 5e 4 pares 24AWG sólido Gris ó Azul Belden 1583A			4.460,00	4,46
7881A	Cable UTP CAT. 6 4 pares 24AWG sólido Gris ó Azul Belden 7881A			10.320,00	10,32
9116	Cable Coaxial RG-6/U 18AWG PVC 60% 750hm 5MHz - 1GHz PVC Negro Belden 9116			5.200,00	5,20
8241	Cable Coaxial RG-59/U 23AWG PVC 95% 750hm 1MHz - 1000 MHz PVC Negro Belden 8241			14.700,00	14,70

NOTA: Todos en Bobinas de 305m

**Anexo 12: Características de BREAKERS SCHNEIDEER ELECTRIC**

→ **Distribución Eléctrica Nema**  
**Breaker QOU**  
**Sobrepuesto o Riel DIN**

Los breakers QOU son breakers sobrepuestos generalmente utilizados en tableros de medidores o de distribución y en general para usos que no requieren un centro de carga, la sujeción puede realizarse mediante tornillos o riel DIN



QOU120



QOU230



QOU370

Referencia	Polos	Amperios (A)	Precio USD
Con capacidad de interrupción de 10kA a 120/240V para Centros de Carga			
QOU-110	1	10	7,18
QOU-115	1	15	7,18
QOU-120	1	20	7,18
QOU-130	1	30	7,18
QOU-140	1	40	7,98
QOU-150	1	50	7,98
QOU-160	1	60	7,98
QOU-170	1	70	17,28
QOU-180	1	80	40,88
QOU-190	1	90	40,88
QOU-1100	1	100	40,88
QOU-215	2	15	15,68
QOU-220	2	20	15,68
QOU-230	2	30	15,68
QOU-240	2	40	15,68
QOU-250	2	50	15,68
QOU-260	2	60	15,68
QOU-270	2	70	22,56
QOU-280	2	80	51,78
QOU-290	2	90	51,78
QOU-2100	2	100	51,78
QOU-2125	2	125	97,37
QOU-315	3	15	42,18
QOU-320	3	20	42,18
QOU-330	3	30	42,18
QOU-340	3	40	42,18
QOU-350	3	50	42,18
QOU-360	3	60	42,18
QOU-370	3	70	85,63
QOU-380	3	80	85,63
QOU-390	3	90	85,63
QOU-3100	3	100	85,63

(\*) Datos, precios, imágenes sujetas

Preços sujeitos a alteração sem prévio aviso - Adicionar IVA vigente na data de faturação - Consultar Condições Gerais de Venda - [www.schneider-electric.com](http://www.schneider-electric.com) - Setembro 01 de 2013

**Anexo 13:** Informe de la validación de la máquina para la elaboración de queso fresco y su análisis.

**LABORATORIO DE OPERACIONES UNITARIAS II**  
**INFORME N°5**  
**ELABORACIÓN DE QUESO FRESCO**  
**REALIZADO POR: DÁVALOS PÁRRAGA JASMIN**  
**VALERIA (983312)**  
**NIVEL: 9no SEMESTRE**

**1. OBJETIVOS**

a. General

Elaborar queso fresco de forma experimental y practica utilizando la marmita automatizada.

b. Especificos

- i. Identificar la función principal del equipo utilizado para elaborar queso fresco
- ii. Comprender en que consiste el proceso de cuajo en la leche
- iii. Analizar el rendimiento de la leche en la producción de queso.

**2. MARCO TEORICO REFERENCIAL**

a. Marco teórico

i. Leche

La leche es el componente principal para la elaboración de queso, se utiliza leche fresca de vaca, pasteurizada, puede ser la misma descremada o entera para mejor rendimiento.

ii. Leche cruda

Producto de la secreción normal de las glándulas mamarias a partir del ordeño integro de la vaca sana y bien alimentada.

iii. Leche pasteurizada

Leche cruda homogenizada o que no a sido sometida a un proceso térmico que garantice la destrucción de los microorganismos patógenos.

iv. Queso

Producto alimenticio solido o semisólido que s obtiene separando los componentes solidos de la leche, la cuajada de los líquidos; cuando mas suero se extrae mas compacto es el queso.

b. Marco referencial

La práctica de "Elaboración de queso" se la realizó en el Laboratorio de Procesos Industriales en la Escuela de Ingeniería Química, Facultad de Ciencias que se encuentran en la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.



### 3. PARTE EXPERIMENTAL

- a. Sustancias y reactivos
  - i. Leche
  - ii. Sal
  - iii. Cuajo
  - iv. Cloruro de calcio
- b. Materiales y equipos
  - i. Marmita automatizada
  - ii. Balanza
  - iii. Moldes
  - iv. Prensa
  - v. malla

### 4. DATOS

TABLA 4-1:  
DATOS EXPERIMENTALES PARA LA ELABORACION DE QUESO

Vf(l)	MCaCl2(kg)	Mcuajo(kg)	Msal(kg)	Tf(°C)
80	0.0172	0.0012	0,14	15,8
TH2O(°C)	Tpas(°C)	Pm(psi)	Mqueso(kg)	Tqueso(h)
18	85	72,4	16,5	7

Vf(l)= Volumen de la leche.

MCaCl2(kg)= Masa del cloruro de calcio.

Mcuajo(kg)= Masa del cuajo.

Msal(kg)= Masa de la sal.

Tf(°C)= Temperatura de la leche.

TH2O(°C)= Temperatura del agua a la entrada de la marmita.

Tpas(°C)= Temperatura de pasterización.

Pm(psi)= Presión de la marmita.

Mqueso(kg)= Masa del queso.

Tqueso(h)= Tiempo de elaboración del queso.

### 5. RESULTADOS

TABLA 5-1:  
RESULTADOS OBTENIDOS DE LA ELABORACIÓN DE QUESO PARA BALANCE DE MASA

Xcuajo	Xsal	Ma(Kg)	Xa	Xa1	Ca(Kg/h)
0,0000146	0,0017	147,82	0,072	0,926	21,12

TABLA 5-2:  
RESULTADOS OBTENIDOS DE LA ELABORACIÓN DE QUESO PARA BALANCE DE ENERGÍA

Q (Kcal/h)	Qm (Kcal/h)	T (°C)	A (m2)	U (J/m2s°C)
644,98	842,75	69,2	0,88	12,32

## 6. CONCLUSIONES Y REECOMENDACIONES

### a. Conclusiones

- i. Se elaboró queso de forma experimental, donde se usó la marmita para su pasteurización, la temperatura no fue la adecuada debido a que no actuó el cuajo como se esperaba.
- ii. Se identificó que la función principal de la marmita es pasteurizar la leche así como también para mezclar homogéneamente la leche.
- iii. se produce un proceso de acidificación gracias a qe los fermentos están constituidos por bacterias lácticas que facilitan el mismo, también se realiza la pasteurización para controlar y reducir posible contaminación microbianas.

### b. Recomendaciones

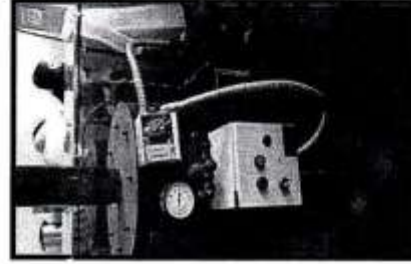
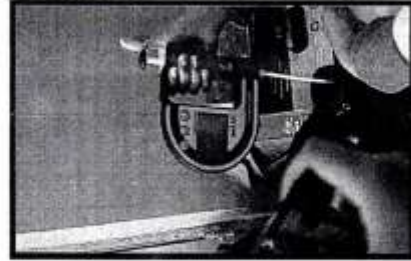
- i. Se debe realizar los correspondientes análisis para la materia prima receptada, para conocer las condiciones bajo las cuales se va a trabajar.
- ii. Los envases utilizados para la recolección y transporte de la materia prima deben ser adecuados para la misma y debidamente higienizados.

## 7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- a. Villegas, Abraham. 1993. Los Quesos Mexicanos.
- b. CHES TAAM. Chapino, México. Elaboración de productos lácteos 1993
- c. Manuales para educación. México DF.

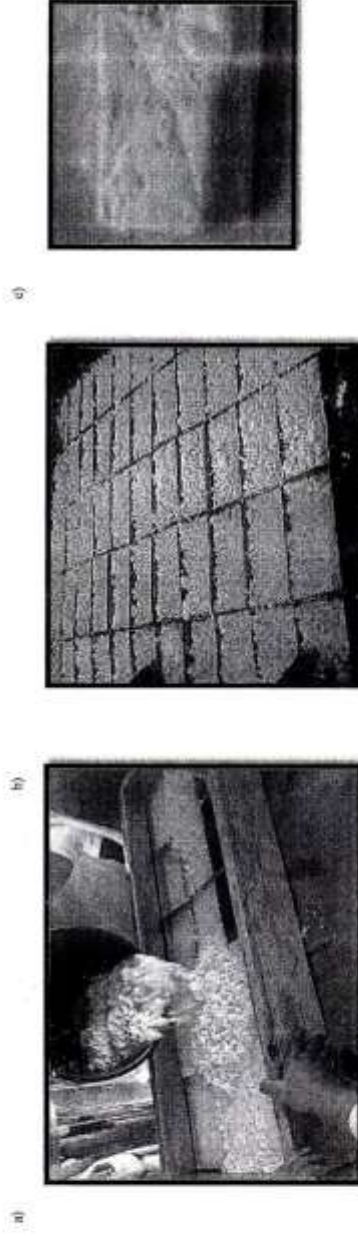
## 8. ANEXOS

# ANEXO I



NOTAS:	CATEGORIA DEL DIAGRAMA:		ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA  ELABORADO POR: DÁVALOS PÁRRAGA JASMIN VALERIA	LABORATORIO DE OPERACIONES UNITARIAS ELABORACION DE QUESO FRESCO		
	<div>Diagrama del Equipo Utilizado</div> <div>a) Pasteurización de la leche en la marmita</div> <div>b) Análisis previo de la leche</div> <div>c) Caldera utilizada</div>	<div><input type="checkbox"/> Aprobado</div> <div><input type="checkbox"/> Certificado</div> <div><input type="checkbox"/> Información</div> <div><input type="checkbox"/> Preliminar</div> <div><input type="checkbox"/> Por aprobar</div> <div><input checked="" type="checkbox"/> Por calificar</div>				
				LÁM:	ESC:	FECHA:
				1	1:1	2016/05/10

## ANEXO II



NOTAS:	CATEGORIA DEL DIAGRAMA:	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA ELABORADO POR: DÁVALOS PARRAGA JASMIN VALERIA			LABORATORIO DE OPERACIONES UNITARIAS ELABORACIÓN DE QUESO FRESCO	
		<input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Información	<input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Por aprobar <input checked="" type="checkbox"/> Por ratificar		LAME: 2	ESCG: 1-1 FECHA: 2015/05/10